

Школа – Инженерная школа информационных технологий и робототехники
 Направление подготовки – 15.03.04 «Автоматизация технологических процессов и производств»
 Отделение школы (НОЦ) – Отделение автоматизации и робототехники

БАКАЛАВРСКАЯ РАБОТА

Тема работы
Автоматизированная система дозирования сырья на суточных силосах производства каменной ваты

УДК 681.51:004.896:66.028.2

Студент

Группа	ФИО	Подпись	Дата
3-8T52	Демин Дмитрий Александрович		

Руководитель ВКР

Должность	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
Доцент ОАР ИШИТР	Ефимов С. В.	к. т. н., доцент		

Консультант

Должность	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
Ст. преподаватель ОАР ИШИТР	Сидорова А. А.			

КОНСУЛЬТАНТЫ ПО РАЗДЕЛАМ:

По разделу «Финансовый менеджмент, ресурсоэффективность и ресурсосбережение»

Должность	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
Доцент ОСГН ШБИП	Конотопский В. Ю.	к. э. н., доцент		

По разделу «Социальная ответственность»

Должность	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
Ассистент ООД ШБИП	Матвиенко В. В.			

ДОПУСТИТЬ К ЗАЩИТЕ:

Руководитель ООП	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
Доцент ИШИТР ОАР	Воронин А. В.	к. т. н., доцент		

ПЛАНИРУЕМЫЕ РЕЗУЛЬТАТЫ ОБУЧЕНИЯ ПО ООП

Код результата	Результат обучения (выпускник должен быть готов)
<i>Профессиональные компетенции</i>	
P1	Использовать основные знания в области математических и естественных наук для решения научных и инженерных задач в области анализа, синтеза, проектирования, производства и эксплуатации систем автоматизации технологических процессов и производств. Уметь сочетать теоретические и практические навыки и методы решения инженерных задач.
P2	Применять полученные знания для определения, формулирования и решения инженерных задач при разработке, производстве и эксплуатации систем автоматизации технологических процессов и производств с использованием передовых научно–технических знаний и достижений мирового уровня, современных инструментальных и программных средств.
P3	Уметь выбирать и применять соответствующие аналитические методы и методы проектирования систем автоматизации технологических процессов и обосновывать экономическую целесообразность решений.
P4	Иметь представление о передовом отечественном и зарубежном опыте в области теории, проектирования, производства и эксплуатации систем автоматизации технологических процессов и производств.
P5	Уметь находить необходимую литературу, базы данных и другие источники информации для автоматизации технологических процессов и производств.
P6	Уметь выбирать и использовать подходящее программно–техническое оборудование, оснащение и инструменты для решения задач автоматизации технологических процессов и производств.
P7	Уметь планировать и проводить эксперимент, интерпретировать данные и их использовать для ведения инновационной инженерной деятельности в области автоматизации технологических процессов и производств.
<i>Универсальные компетенции</i>	
P8	Владеть иностранным языком на уровне, позволяющем работать в интернациональной среде с пониманием культурных, языковых и социально – экономических различий.
P9	Эффективно работать индивидуально, в качестве члена и руководителя группы с ответственностью за риски и работу коллектива при решении инновационных инженерных задач в области автоматизации технологических процессов и производств, демонстрировать при этом готовность следовать профессиональной этике и нормам
P10	Иметь широкую эрудицию, в том числе знание и понимание современных общественных и политических проблем, вопросов безопасности и охраны здоровья сотрудников, юридических аспектов, ответственности за инженерную деятельность, влияния инженерных решений на социальный контекст и окружающую среду.
P11	Понимать необходимость и уметь самостоятельно учиться и повышать квалификацию в течение всего периода профессиональной деятельности.

Министерство науки и высшего образования Российской Федерации
 федеральное государственное автономное
 образовательное учреждение высшего образования
 «Национальный исследовательский Томский политехнический университет» (ТПУ)

Школа – Инженерная школа информационных технологий и робототехники
 Направление подготовки – 15.03.04 «Автоматизация технологических процессов и производств»
 Уровень образования – Бакалавриат
 Отделение школы (НОЦ) – Отделение автоматизации и робототехники
 Период выполнения осенний / весенний семестр 2019 /2020 учебного года

Форма представления работы:

Бакалаврская работа

(бакалаврская работа, дипломный проект/работа, магистерская диссертация)

КАЛЕНДАРНЫЙ РЕЙТИНГ-ПЛАН выполнения выпускной квалификационной работы

Срок сдачи студентом выполненной работы:	
--	--

Дата контроля	Название раздела (модуля) / вид работы (исследования)	Максимальный балл раздела (модуля)
	Основная часть	60
	Финансовый менеджмент, ресурсоэффективность и ресурсосбережение	20
	Социальная ответственность	20

СОСТАВИЛ:

Руководитель ВКР

Должность	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
Доцент ОАР ИШИТР	Ефимов С. В.	к. т. н., доцент		

Консультант (при наличии)

Должность	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
Ст. преподаватель ОАР ИШИТР	Сидорова А. А.			

СОГЛАСОВАНО:

Руководитель ООП

Должность	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
Доцент ОАР ИШИТР	Воронин А. В.	к. т. н., доцент		

<p>Перечень подлежащих исследованию, проектированию и разработке вопросов</p> <p><i>(аналитический обзор по литературным источникам с целью выяснения достижений мировой науки техники в рассматриваемой области; постановка задачи исследования, проектирования, конструирования; содержание процедуры исследования, проектирования, конструирования; обсуждение результатов выполненной работы; наименование дополнительных разделов, подлежащих разработке; заключение по работе).</i></p>	<ol style="list-style-type: none"> 1. Описание технологического процесса 2. Аналитический обзор системы 3. Разработка структурной схемы АС 4. Разработка функциональной схемы АС 5. Выбор средств реализации АС 6. Разработка алгоритма работы АС 7. Разработка экранных форм АС
<p>Перечень графического материала</p> <p><i>(с точным указанием обязательных чертежей)</i></p>	
<p>Консультанты по разделам выпускной квалификационной работы</p> <p><i>(с указанием разделов)</i></p>	
<p>Раздел</p>	<p>Консультант</p>
<p>Основная часть</p>	<p>Старший преподаватель ОАР ИШИТР Сидорова А. А.</p>
<p>Финансовый менеджмент, ресурсоэффективность и ресурсосбережение</p>	<p>Доцент ОСГН ШБИП Конотопский В. Ю.</p>
<p>Социальная ответственность</p>	<p>Ассистент ООД ШБИП Матвиенко В. В.</p>
<p>Названия разделов, которые должны быть написаны на русском и иностранном языках:</p>	

<p>Дата выдачи задания на выполнение выпускной квалификационной работы по линейному графику</p>	<p>07.04.2020</p>
--	-------------------

Задание выдал руководитель / консультант (при наличии):

Должность	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
Доцент ОАР ИШИТР	Ефимов С. В.	К. Т. Н.		
Ст. преподаватель ОАР ИШИТР	Сидорова А. А.			

Задание принял к исполнению студент:

Группа	ФИО	Подпись	Дата
3-8T52	Демин Дмитрий Александрович		

**ЗАДАНИЕ ДЛЯ РАЗДЕЛА
«ФИНАНСОВЫЙ МЕНЕДЖМЕНТ, РЕСУРСОЭФФЕКТИВНОСТЬ И
РЕСУРСОСБЕРЕЖЕНИЕ»**

Студенту:

Группа	ФИО
3-8Т52	Демину Дмитрию Александровичу

Школа	ИШИТР	Отделение школы (НОЦ)	ОАР
Уровень образования	Бакалавриат	Направление/специальность	15.03.04 «Автоматизация технологических процессов и производств»

Исходные данные к разделу «Финансовый менеджмент, ресурсоэффективность и ресурсосбережение»:

1. Стоимость ресурсов научного исследования (НИ): материально-технических, энергетических, финансовых, информационных и человеческих	Использовать действующие ценники и договорные цены на потребляемые материальные и информационные ресурсы, а также указанную в МУ величину тарифа на электроэнергию
2. Нормы и нормативы расходования ресурсов	–
3. Используемая система налогообложения, ставки налогов, отчислений, дисконтирования и кредитования	Действующие ставки единого социального налога и НДС (см. МУ)

Перечень вопросов, подлежащих исследованию, проектированию и разработке:

1. Оценка коммерческого потенциала, перспективности и альтернатив проведения НИ с позиции ресурсоэффективности и ресурсосбережения	Оценка готовности полученного результата к выводу на целевые рынки, краткая характеристика этих рынков
2. Планирование и формирование бюджета научных исследований	Построение плана-графика выполнения ВКР, составление соответствующей сметы затрат, расчет величины НДС и цены результата ВКР
3. Определение ресурсной (ресурсосберегающей), финансовой, бюджетной, социальной и экономической эффективности исследования	Качественная и количественная характеристика экономического и др. видов эффекта от внедрения результата, определение эффективности внедрения

Перечень графического материала (с точным указанием обязательных чертежей):

1. Оценка конкурентоспособности технических решений
2. Матрица SWOT
3. Альтернативы проведения НИ
4. График проведения и бюджет НИ – <u>выполнить</u>
5. Оценка ресурсной, финансовой и экономической эффективности НИ – <u>выполнить</u>

Дата выдачи задания для раздела по линейному графику	
--	--

Задание выдал консультант:

Должность	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
Доцент ОСГН ШБИП	Конотопский Владимир Юрьевич	к. э. н., доцент		

Задание принял к исполнению студент:

Группа	ФИО	Подпись	Дата
3-8Т52	Демин Дмитрий Александрович		

ЗАДАНИЕ ДЛЯ РАЗДЕЛА «СОЦИАЛЬНАЯ ОТВЕТСТВЕННОСТЬ»

Студенту:

Группа	ФИО
3-8Т52	Демину Дмитрию Александровичу

Школа	ИШИТР	Отделение (НОЦ)	ОАР
Уровень образования	Бакалавриат	Направление/специальность	15.03.04 «Автоматизация технологических процессов и производств»

Тема ВКР:

Автоматизированная система дозирования сырья на суточных силосах производства каменной ваты	
Исходные данные к разделу «Социальная ответственность»:	
1. Характеристика объекта исследования (вещество, материал, прибор, алгоритм, методика, рабочая зона) и области его применения	Объект исследования: Автоматизированная система дозирования сырья на суточных силосах производства каменной ваты.
Перечень вопросов, подлежащих исследованию, проектированию и разработке:	
1. Правовые и организационные вопросы обеспечения безопасности: <ul style="list-style-type: none"> – специальные (характерные при эксплуатации объекта исследования, проектируемой рабочей зоны) правовые нормы трудового законодательства; – организационные мероприятия при компоновке рабочей зоны. 	Федеральный закон от 24.07.1998 г. № 125-ФЗ ГОСТ 12.2.032-78 ССБТ. ГОСТ 12.2.033-78 ССБТ. Трудовой кодекс Российской Федерации от 30.12.2001 N 197-ФЗ (ред. от 27.12.2018)
2. Производственная безопасность: 2.1. Анализ выявленных вредных и опасных факторов 2.2. Обоснование мероприятий по снижению воздействия	<ul style="list-style-type: none"> – запыленность – работы на высоте – вибрации – превышение уровня шума – электрический ток – пожароопасность
3. Экологическая безопасность:	<ul style="list-style-type: none"> – загрязнение атмосферы – загрязнение литосферы
4. Безопасность в чрезвычайных ситуациях:	<ul style="list-style-type: none"> – запыленность – пожар на производстве

Дата выдачи задания для раздела по линейному графику	07.04.2020
--	------------

Задание выдал консультант:

Должность	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
Ассистент ООД ШБИП	Матвиенко Владимир Владиславович			

Задание принял к исполнению студент:

Группа	ФИО	Подпись	Дата
3-8Т52	Демин Дмитрий Александрович		

Реферат

Бакалаврская работа выполнена на 92 страницах машинописного текста и включает в себя 30 рисунков, 14 таблиц, 33 формулы, 32 использованных источника и 5 приложений.

АВТОМАТИЗИРОВАННАЯ СИСТЕМА ДОЗИРОВАНИЯ, ФУНКЦИОНАЛЬНАЯ, СТРУКТУРНАЯ СХЕМЫ АВТОМАТИЗАЦИИ, ПРОГРАММИРУЕМЫЙ ЛОГИЧЕСКИЙ КОНТРОЛЛЕР, МНЕМОСХЕМА.

Предпосылкой для разработки системы автоматизации послужили недостатки систем дозирования сырья в металлургических, химических и перерабатывающих отраслях производств, на основе тарельчатых и шнековых питателей, в виде неточности взвешиваемой величины дозируемых компонентов, в связи с чем, предлагается разработка автоматизированной системы дозирования на основе вибрационных дозаторов с частотным регулированием работы приводов.

Актуальностью данной работы является возможность внедрения разработанной автоматизированной системы дозирования, путем замены лотковых питателей, на дозаторы вибрационного типа, что на данный момент на производстве каменной ваты отсутствует.

Целью работы является разработка автоматизированной системы взвешивания и дозирования сырья на суточных силосах (бункерах) производства каменной ваты.

Объектом исследования является система взвешивания и дозирования сырья на суточных силосах производства каменной ваты.

Предмет исследования – технологическое оборудование системы взвешивания и дозирования сырья на суточных силосах производства каменной ваты.

Обозначения и сокращения

В выпускной квалификационной работе используются следующие определения и сокращения:

АРМ – автоматизированное рабочее место;

АС – автоматизированная система;

АСУ ТП – автоматизированная система управления технологическим процессом;

ОС – операционная система;

ПК – персональный компьютер;

ПЛК – программируемый логический контроллер;

ПО – программное обеспечение;

ПЧ – преобразователь частоты.

Содержание

Введение	13
1 Разработка требований к автоматизированной системе дозирования сырья на суточных силосах производства каменной ваты	15
1.1 Назначение системы	15
1.2 Требования к системе в целом	16
1.3 Требования к структуре системы	17
1.4 Требования к техническому обеспечению	18
1.5 Требования к программному обеспечению	18
1.6 Требования к информационному обеспечению	19
2 Разработка архитектуры системы и создание схем автоматизации	19
2.1 Анализ различных систем подачи сыпучего материала	19
2.2 Описание технологического процесса дозирования с применением дозаторов вибрационного типа	22
2.3 Выбор архитектуры АС	24
2.4 Разработка структурной схемы автоматизации	27
2.5 Разработка функциональной схемы автоматизации	29
2.6 Разработка схемы информационных потоков	30
3 Выбор средств реализации АС дозирования сырья	33
3.1 Выбор контроллерного оборудования	33
3.2 Выбор сетевого модуля связи	35
3.3 Выбор датчика измерения веса	37
3.4 Выбор датчика уровня	40
3.5 Выбор прибора местной индикации веса	41
3.6 Расчет вибромотора	42
3.7 Выбор преобразователя частоты	45
4. Разработка системы автоматического регулирования	47

4.1 Алгоритм автоматического регулирования	47
5. Разработка программного обеспечения АС дозирования сырья	51
5.1 Выбор алгоритмов управления АС дозирования сырья	51
5.2 Разработка экранной формы АС дозирования сырья	51
5.3 Алгоритм работы АС дозирования сырья	55
5.4 Структура программного обеспечения системы АС дозирования сырья	56
5.5 Система допуска	58
6 Функциональная безопасность	60
6.1 Определение уровня SIL	60
7 Финансовый менеджмент, ресурсоэффективность и ресурсосбережение	63
7.1 Организация и планирование работ	63
7.1.1 Продолжительность этапов работ	64
7.2 Расчет сметы затрат на выполнение проекта	68
7.2.1 Расчет затрат на материалы	68
7.2.2 Расчет заработной платы	69
7.2.3 Расчет затрат на социальный налог	70
7.2.4 Расчет затрат на электроэнергию	70
7.2.5 Расчет амортизационных расходов	71
7.2.6 Расчет расходов, учитываемых непосредственно на основе платежных (расчетных) документов (кроме суточных)	72
7.2.7 Расчет прочих расходов	73
7.2.8 Расчет общей себестоимости разработки	73
7.2.9 Расчет прибыли	74
7.2.10 Расчет НДС	74
7.2.11 Цена разработки НИР	74
7.3 Оценка экономической эффективности проекта	74
8 Социальная ответственность	75
8.1 Правовые и организационные вопросы обеспечения	75

безопасности	
8.2 Производственная безопасность	77
8.2.1 Анализ опасных и вредных производственных факторов	78
8.2.2 Обоснование мероприятий по снижению уровней воздействия опасных и вредных факторов на исследователя (работающего)	79
8.3 Экологическая безопасность	81
8.4 Безопасность при чрезвычайных ситуациях	82
8.5 Выводы по разделу	83
Заключение	84
Список использованных источников	85
ПРИЛОЖЕНИЕ А (обязательное). Структурная схема автоматизации	88
ПРИЛОЖЕНИЕ Б (обязательное). Функциональная схема автоматизации	89
ПРИЛОЖЕНИЕ В (обязательное). Функциональная схема автоматизации	90
ПРИЛОЖЕНИЕ Г (обязательное). Блок схема алгоритма работы АС	91
ПРИЛОЖЕНИЕ Д (обязательное). Код программы дозирования сырья (силос 1)	92

Введение

Степень автоматизации технологических процессов, является одним из основных факторов эффективного производства и трудового процесса. Особенно актуальной для перерабатывающей промышленности является информация о сырьевых потоках и качестве готового продукта.

В настоящее время в металлургических и перерабатывающих технологических процессах, загрузка сыпучих материалов осуществляется с помощью различных типов питателей, таких как тарельчатые, лотковые, шнековые, где точность дозирования невысокая. Разработанная АС дозирования сырья на суточных силосах производства каменной ваты, предлагает в себе использование дозаторов вибрационного типа действия с частотным регулированием работы приводов, для повышения точности измерения взвешиваемых материалов.

Система дозирования и загрузки сырья на суточных силосах, является одной из локальных систем на производстве минераловатных изделий. Загрузка печи для плавки основных компонентов производства – вагранки, отвечает за качество подготовленной смеси и соответствие действующему рецепту. Создание автоматизированной системы дозирования сырья вызвано необходимостью повышения, качества производства каменной ваты, а также технико–экономических показателей производства. Так, как ход технологического процесса определяется уровнем автоматизации, который влияет на точность дозирования основных компонентов производства, одним из главных условий является разработка безотказной и безопасной системы автоматизации.

Актуальностью данной работы является возможность внедрения разработанной автоматизированной системы дозирования, путем замены лотковых питателей, на дозаторы вибрационного типа, что на данный момент на производстве каменной ваты отсутствует.

Целью работы является разработка автоматизированной системы взвешивания и дозирования сырья на суточных силосах (бункерах) производства каменной ваты.

Объектом исследования является система взвешивания и дозирования сырья на суточных силосах производства каменной ваты.

Предмет исследования – технологическое оборудование системы взвешивания и дозирования сырья на суточных силосах производства каменной ваты.

Основная задача разработки автоматизированной системы дозирования сырья вызвана, необходимостью повышения, качества производства каменной ваты, а также технико–экономических показателей производства. Ход технологического процесса определяется уровнем автоматизации, который влияет на точность дозирования основных компонентов производства. Одним из главных условий является разработка безотказной и безопасной системы автоматизации.

Практическая и теоретическая значимость проведенного исследования:

- обеспечение высокого уровня безопасности технологического процесса дозирования сырья, на производстве каменной ваты;
- обеспечение передачи точной, достоверной и оперативной информации на верхний уровень;
- контроль состояния основного и вспомогательного технологического оборудования дозирования сырья;
- контроль и управление в автоматическом и ручном режиме технологическими объектами автоматизации, входящих в систему;
- регулирование и поддержание технологических процессов в соответствии с заданиями, которые устанавливают операторы АСУТП;
- вывод информации о технологических процессах на экранные формы оператора АСУ в реальном времени, отображение численных значений параметров.

1 Разработка требований к автоматизированной системе дозирования сырья на суточных силосах производства каменной ваты

1.1 Назначение системы

Система суточных силосов, взвешивания и дозирования сырья предназначена для подготовки входящего сырья для производства минеральной ваты.

Основные функции системы:

- приемка сырья,
- просеивание хранящегося в суточных силосах сырья,
- дозирование и взвешивание сырья, а также транспортировка к вагранке.

Загрузка каменного материала может осуществляться двумя способами:

- смешанной загрузкой,
- послойной загрузкой.

При смешанной загрузке все каменные материалы и кокс грузятся одновременно, при этом образуется слой-сэндвич равномерно распределенного материала всех загружаемых компонентов.

При послойной загрузке каменный материал и кокс грузятся отдельно.

Смешанная загрузка предпочтительна для сырья крупной фракции кокса (огарков), послойная загрузка предпочтительна для сырья мелкой фракции кокса (огарков).

1.2 Требования к системе в целом

Проектируемая система должна включать в себя приборы для контроля и измерений основных технологических параметров. Для того, чтобы вести технологического процесс инженеру, либо оператору, должна предоставляться возможность визуального контроля параметров, а также внесение в них

изменений со SCADA – форм, информация о производстве отображается в виде мнемосхем. Управление системой происходит с помощью ПЛК, который также создает архив значений производственных параметров, с возможностью вывода его на SCADA.

1.3 Требования к структуре системы

Структура АС дозирования сырья строится по принципу иерархии. Ее можно разделить на 3 уровня:

Нижний уровень: включает себя уровень полевых устройств, таких как измерительные преобразователи с унифицированным токовым сигналом (4–20 мА).

Исполнительные устройства в виде заслонок, двигателей так же управляются входным сигналом (4–20 мА).

Средний уровень: представляет собой модуль ввода–вывода, принимает сигналы с исполнительных устройств, датчиков. Программируемый логический контроллер имеет в своем составе модульную систему, осуществляет сбор, первичную обработку, а также передачу информации на верхний уровень, кроме того создает архив информации о производственных параметрах, для дальнейшего анализа. С точки зрения оператора ПЛК имеет центральный процессор и программную часть.

Верхний уровень: представляет собой автоматизированное рабочее место оператора. С экрана SCADA оператору предоставляется возможность:

- визуального контроля технологических параметров;
- изменение настроек системы, а также предупредительных границ.

Используемая SCADA должна быть масштабируемой и полнофункциональной, надежной, иметь устойчивость к ошибкам компонентов внешней среды. Одна из главных функций применяемой SCADA–системы, предоставление гибкого инструментария для анализа поступающей информации.

С помощью промышленной сети Ethernet производится обмен информации между контроллером и серверами баз данных. Сети Ethernet позволяют использовать для передачи данных электрические каналы связи на основе витых пар с двойным экранированием, а также оптоволокно. Передача информации производится на высокой скорости (10–20) Мбит/с.

1.4 Требования к техническому обеспечению

В соответствие со сложностью поставленной задачи, определяется выбор технических средств АС.

К техническим средствам АС дозирования сырья предъявляются требования по производительности, надежности, эргономичности, стандартизации, унификации.

В состав комплекса технических средств, входят:

- полевые датчики, ПЛК, исполнительные устройства;
- программно–технические средства обработки информации, сенсорная панель дистанционного управления, вторичные приборы системы;
- щитовая АС дозирования сырья.

ПЛК и модуль ввода/вывода согласно стандарту МЭК 61131-2 [32] должны иметь модульное исполнение, с дополнительным резервом каналов ввода/вывода в количестве 10 %.

Исполнительные устройства и первичные преобразователи должны иметь унифицированный выходной токовый сигнал (4–20 мА).

Для управления электрическими заслонками, применяется дискретный сигнал 24 В постоянного тока.

Оборудование, устанавливаемое в непосредственной близости от производственной площадки, должно иметь класс защиты не менее IP62, а также быть устойчивым к воздействию температур от минус 45 до 50 °С.

1.5 Требования к программному обеспечению

На АРМ оператора должно быть общее и специальное ПО.

В качестве общего ПО является ОС Windows 10.

В качестве специального ПО идет SCADA–пакет SIMATIC WIN CC, В качестве разработки ПО для ПЛК SIMATIC STEP 7.

ПО верхнего уровня отображает следующую информацию:

- отображение технологического процесса;
- навигационные кнопки,
- отображение текущих производственных параметров;
- отображение даты и времени;
- наименование секции производства.

1.6 Требования к информационному обеспечению

АС дозирования сырья должна быть:

- Защищена от утечки информации;
- Информация должна быть актуализирована в соответствии с периодичностью ее использования;
- В АС дозирования сырья должны быть предусмотрены контроль правильности выполнения технологический функций и диагностирование.

Разрабатываемая АС должна в необходимом объеме автоматизировано выполнять:

- Сбор, обработку и анализ информации (сигналов, сообщений, документов);
- Выработку управляющих воздействий;
- Обмен информацией (документами, сообщениями).

2 Разработка архитектуры системы и создание схем автоматизации

2.1 Анализ различных систем подачи сыпучего материала

Основной задачей производства каменной ваты является выпуск высококачественной готовой продукции, при этом важна и производительность производства.

При разработке системы автоматизации был приведен анализ, основных типов питателей подходящих для дозирования сыпучих материалов.

Шнековые питатели. Данный тип питателей используется для равномерной подачи материалов мягкого, порошкообразного и легкоподвижного типа. Производительность таких питателей небольшая. А среди достоинств оборудования следует отметить простоту управления и высокую степень подачи материала. При изменении оборотов шнека можно регулировать количество материала, который подается питателем, его схема изображена на рисунке 1.

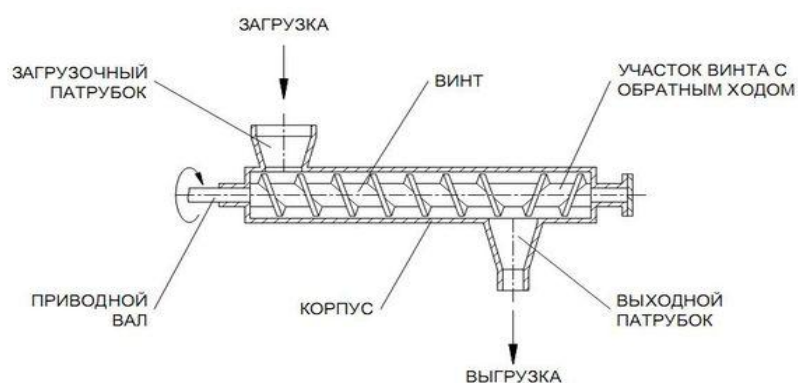


Рисунок 1 – Схема работы шнекового питателя

Тарельчатые установки дозирования. Используются для равномерной подачи кускового и сыпучего материала, размер кусков составляет до 110 мм. Основной деталью такого вида установок дозирования является тарелка, которая приводится в движение червячным редуктором благодаря работе электродвигателя. При этом редуктор находится под питателем. Материал подается на тарелку и сбрасывается с нее скребком в выходной патрубок.

Производительность таких питателей составляет от 2 до 20 м³/час, схема работы изображена на рисунке 2



Рисунок 2 – Схема работы тарельчатого питателя

Лотковые питатели. Данный тип питателей состоит из лотка и двух направляющих, которые к нему прикреплены. Направляющие катятся по роликам. Привод производится через эксцентрик, который связан с лопаткой с помощью тяги. В таком питателе лоток производит качание взад и вперед. Эти качания выполняются в плоскости лотка, его схема изображена на рисунке 3.

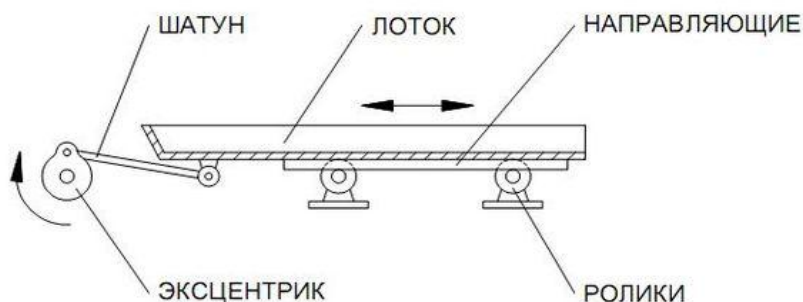


Рисунок 3 – Схема работы лоткового питателя

Данный вид питателей используется для подачи кусковых материалов. Кроме того, питатели могут применяться для абразивных, смерзшихся и слеживающихся материалов. Размер кусков материала может достигать 100 мм.

Такой вид питателя включает в себя лоток, который установлен на плоских пружинах с наклоном. Лоток связан с электромагнитным двигателем. Для передвижения материала по лотку используются вибрации 3000 об/мин при

амплитуде качания 2 мм. Производительность таких аппаратов составляет от 5 до 50 м³/час. Вибрационный дозатор с основными его частями изображен на рисунке 4.

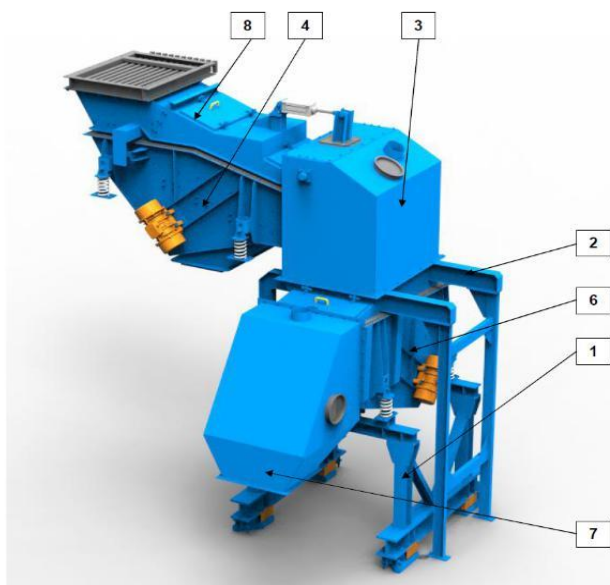


Рисунок 4 – Вибрационный дозатор

Основные рабочие части дозатора изображенные на рисунке 4:

1. Весы;
2. Опорная рама;
3. Защитный кожух запирающей заслонки;
4. Вибропривод;
5. Пневматические подушки;
6. Выходная часть весового дозатора;
7. Нижняя часть;
8. Устройство для просеивания мелкой фракции.

Тарельчатый, лотковый и шнековый питатели, имеют слабую пропускную способность. Кроме того мало подходят к подаче крупнокусковых материалов.

Преимуществами вибрационных дозаторов являются, высокая пропускную способность, простота конструкции, высокая отказоустойчивость. Поэтому был выбран этот тип дозаторов.

2.2 Описание технологического процесса дозирования с применением дозаторов вибрационного типа

Система загрузки сырья на производстве каменной ваты представляет собой зону хранения, состоящую из отдельно стоящих силосов (бункеров) суточного хранения сырья, вибропитателей с помощью которых осуществляется дозирование сырья, ленточных транспортеров для дальнейшего перемещения сырья в зону вагранки.

Сырье главным образом состоит из базальта, брикетов или шлака, доломита и кокса определенных размеров. Концептуально на рисунке 5 схематически представлен процесс, в независимости от количества бункеров и дополнительных этапов.

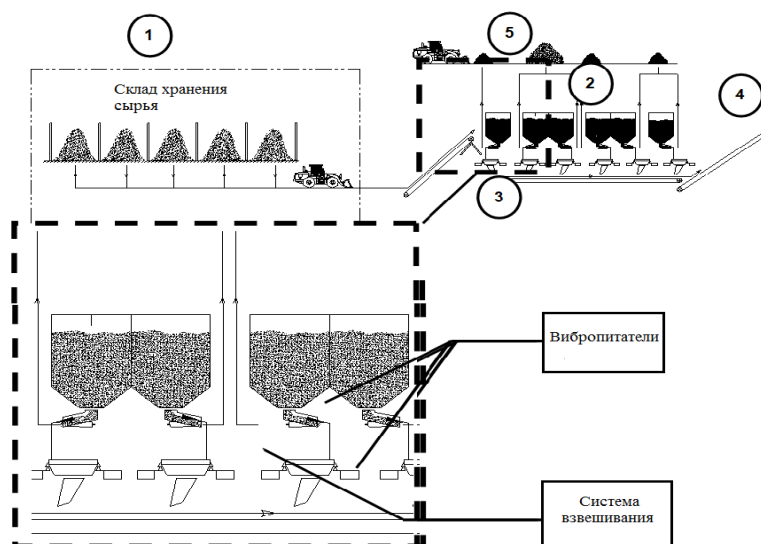


Рисунок 5 – Разработанная структура технологического процесса

Схематически на рисунке 5, изображены:

1. Зона складирования сырья;
2. Бункера дневного запаса;
3. Система взвешивания и дозирования;
4. Загрузочный бункер вагранки;
5. Ленточные транспортеры.

Схематически на рисунке 6 представлен каждый вибропитатель, расположенный под служебными бункерами дневного запаса, который питает весы (система взвешивания); другой вибропитатель, расположенный под весами питает группу транспортеров, которые перевозят сырье в верхний загрузочный бункер вагранки. Из бункеров сырье забирается в определенном количестве, в зависимости от уровня находящегося вида сырья в вагранке по востребованию электронной системы управления; затем, из соответствующих бункеров материал падает в системы взвешивания, оснащенные тензодатчиками, которые взвешивают сырье, а оттуда посредством транспортерных лент сырье направляется в систему подъема.

На рисунке 6 показана схема процесса взвешивания, загрузки и транспортировки сырья из бункеров дневного запаса, в которых каждый вибропитатель оснащен системой взвешивания.

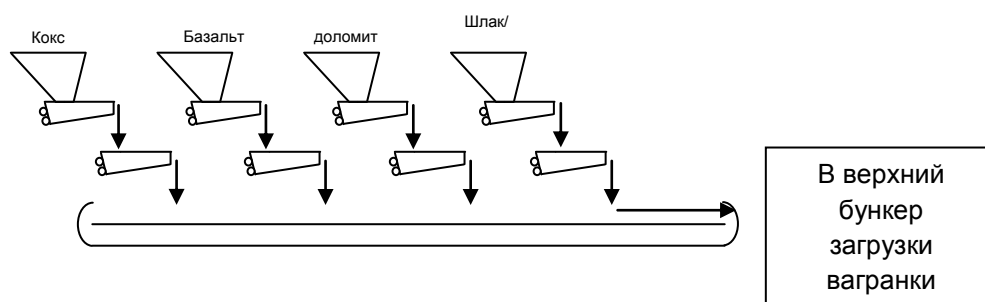


Рисунок 6– Схема процесса взвешивания

В момент загрузки сырья в вагранку, сырье должно перемешиваться таким образом, чтобы не было различных слоев сырья, это обеспечивается за счет вибрации транспортных каналов и переходов между различными транспортерами, а также в процессе загрузки в вагранку.

Система подъема доставляет сырье до загрузочного отверстия вагранки, находящегося по вертикальной линии цилиндра, в котором происходит процесс плавления.

Кокс, в отличие от минералов, загружается отдельно, поэтому, в вагранке при последующей загрузке шихты будет ситуация, представленная на рисунке 7 [3].



Рисунок 7 – Примерный вид рецепта в вагранке

2.3 Выбор архитектуры АС

Понятие профиля лежит в основе разработки архитектуры пользовательского интерфейса проекта. Для выполнения конкретных задач принимают в работу набор определенных стандартов. Основными целями применения профилей являются [5]:

- снижение трудоемкости проектов АС;
- повышение качества работы полевого уровня АС;
- обеспечение расширяемости АС по набору прикладных функций;
- обеспечение возможности функциональной интеграции задач информационных систем.

Профили АС включают в себя:

- прикладное ПО;
- среду АС;
- защиту информации АС;
- инструментальные средства АС.

Для дальнейшей визуализации параметров и управления АС на рабочем месте АРМ, будет использоваться следующее оборудование:

- ПО для программирования SIMATIC STEP 7
- прикладное ПО SIMATIC WinCC (SIEMENS);
- ПО автоматизированной системы будет установлено на ОС Windows 10;
- для защиты информации необходимо использовать стандартные средства ОС Windows 10.

Модель архитектуры OSE/RM системы взвешивания и дозирования сырья на суточных силосах, представлена на рисунке 5.

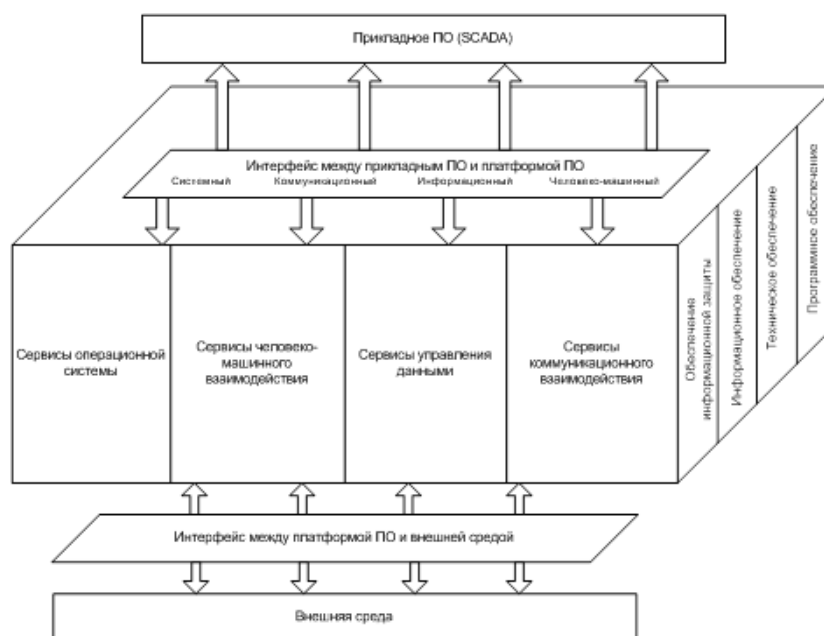


Рисунок 8 – модель архитектуры OSE/RM

Модель архитектуры OSE/RM предусматривает разделение ПО на три основных уровня:

- уровень внешней среды;
- сервисный уровень;
- уровень прикладного программного обеспечения.

Взаимодействие уровней между собой происходит с помощью интерфейсов.

Внешняя среда АС – это уровень полевых средств автоматизации.

Платформа сервисов предоставляет сервисы классов API и EEI через соответствующие интерфейсы.

Верхний уровень (прикладное ПО) включает в себя SCADA-системы, СУБД и HMI.

Наибольшую актуальность получили прикладные ПО использующие в себе архитектуру клиент-сервер. Взаимодействие архитектуры клиент-сервер осуществляется с помощью стандартов OPC. Суть OPC приводит к предоставлению разработчикам промышленных программ универсальный интерфейс (набор функций обмена данными с любыми устройствами АС).

На рисунке 6 приведена структура OPC – взаимодействий SCADA системы взвешивания и дозирования сырья на суточных силосах.

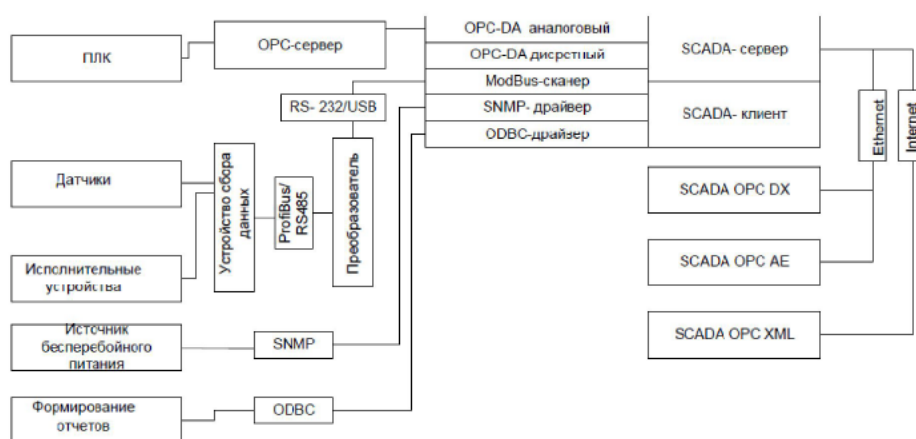


Рисунок 9 – Структура OPC – взаимодействий

Инструментальные средства, входящие в АС, должны показывать решения по выбору методологии и технологии создания, сопровождения и развития конкретной АС. Функциональная область профиля инструментальных средств, встроенных в АС охватывает функции централизованного управления и администрирования, связанные [1]:

- с контролем производительности и корректности функционирования системы в целом;
- управлением конфигурацией прикладного программного обеспечения, тиражированием версий;
- управлением доступом пользователей к ресурсам системы и конфигурацией ресурсов;
- перенастройкой приложений в связи с изменениями прикладных функций АС;
- настройкой пользовательских интерфейсов (генерация экранных форм и отчетов);
- ведением баз данных системы;
- восстановлением работоспособности системы после сбоев и аварий.

2.4 Разработка структурной схемы автоматизации

Объектом управления является система взвешивания и дозирования сырья на суточных силосах, в соответствии с технологическим процессом разработаем АС управления вибродозаторами. С помощью вибродозаторов осуществляется взвешивание и подача сырья на транспортеры, а шнековый транспортер осуществляет дальнейший транспорт сырья в вагранку, соответственно. Исполнительными устройствами являются вибромоторы, а также асинхронные электродвигатели. Структурная схема АС дозирования находится в (приложении А).

Специфика каждой конкретной системы управления определяется используемой на каждом уровне программно-аппаратной платформой.

Три основных уровня автоматизированной системы [1]:

Нижний (полевой) уровень состоит из ультразвуковых зондов уровня, необходимыми для контроля уровня материала, загружаемого в силос; тензодатчиков для взвешивания сырья, а также исполнительных устройств

(вибромоторов, с регулируемой частотой вращения при помощи частотных преобразователей).

Средний (контроллерный) уровень состоит из распределенного модуля ввода – вывода и локального контроллера.

Верхний (информационно-вычислительный) уровень состоит из коммуникационного контроллера, который играет роль концентратора, а также компьютеров и сервера базы данных, объединенных в локальную сеть Ethernet. На ПК оператора установлены ОС Windows 10 и ПО SIMATIC WinCC.

С нижнего уровня полевых устройств сигнал передается на ПЛК, выполняющий в свою очередь следующий ряд задач:

- сбор, обработка и хранение информации о состоянии ТП и информации о параметрах оборудования, участвующего в работе получаемых с полевого уровня;
- удаленное управление ТП;
- обменивается информацией с пунктом управления;
- выработка управляющих сигналов на основе анализа информации;
- обрабатывает данные, при этом масштабируя их;
- замена релейной логики на программную;
- автономность контроля технологических процессов на протяжении длительного периода времени (возможно, в неблагоприятных условиях окружающей среды);
- работа подсистем синхронизируется;
- заданные параметры архивируются.

Управление идет с диспетчерского пункта. ДП, включает в себя несколько станций управления, которыми являются ПК оператора АСУ.

Сервер БД расположен там же. Регулирование и управление технологическими параметрами происходит с экранов оператора, а также их визуальное отслеживание.

Передача сигнала от датчиков к ПЛК производится с помощью каналов связи (0 – 20) мА.

Взаимодействие локального контроллера и коммутатора верхнего уровня осуществляется по протоколу PROFIBUS DP (SIEMENS). По локальной сети Ethernet происходит взаимодействие между собой концентратора и ПК оператора АСУ дозирования сырья

Непосредственно на производственной площадке находится сенсорная панель управления SIMATIC Multi Touch Panel, служит для управления основными параметрами системы, включение, отключение элементов на время плановых предупредительных работ. Обмен данными с ПЛК также, происходит по локальной сети Ethernet. Структурная схема автоматизации представлена в приложении А.

2.5 Разработка функциональной схемы автоматизации

Функциональные схемы являются основным техническим документом, определяющим функционально – блочную структуру отдельных узлов автоматического контроля, управления и регулирования технологического процесса и оснащение объекта управления приборами и средствами автоматизации .

Объектом управления в системах автоматизации технологических процессов является совокупность основного и вспомогательного оборудования вместе с встроенными в него запорными и регулирующими органами, а также энергии, сырья и других материалов, определяемых особенностями используемой технологии.

Задачи автоматизации решаются наиболее эффективно тогда, когда они прорабатываются в процессе разработки технологического процесса.

В этот период нередко выявляется необходимость изменения технологических схем с целью приспособления их к требованиям автоматизации, установленным на основании технико-экономического анализа.

Создание эффективных систем автоматизации предопределяет необходимость глубокого изучения технологического процесса не только

проектировщиками, но и специалистами монтажных, наладочных и эксплуатационных организаций.

При разработке функциональных схем автоматизации технологических процессов необходимо решить следующее:

- получение первичной информации о состоянии технологического процесса и оборудования;
- непосредственное воздействие на технологический процесс для управления им;
- стабилизация технологических параметров процесса;
- контроль и регистрация технологических параметров процессов и состояния технологического оборудования.

Разработанная функциональная схема АС дозирования сырья приведена в (приложении Б и В).

Информационные и управляющие сигналы приведены в таблице 1.

Таблица 1 – Сигналы АС дозирования сырья

Приборы по месту	Назначение сигналов	Тип сигнала	Количество
LI 1, LI 2, LI 3, LI 4	Уровень силосов 1,2,3,4	Аналоговый вход (0–20) мА	4
WI 1, WI 2, WI 3, WI 4	Вес на силосах 1,2,3,4	Аналоговый вход (0–20) мА	4
WRCA	Открыть заслонку	Дискретный выход 24 В	4
	Закрыть заслонку	Дискретный выход 24 В	
	Заслонка открыта	Дискретный вход 24 В	
	Заслонка закрыта	Дискретный вход 24 В	
	Положение заслонки	Аналоговый вход (0–20) мА	
HSI	Вкл/откл. вибромотора	Дискретный выход 24 В	4

2.6 Разработка схемы информационных потоков

Схема информационных потоков включает в себя 3 уровня [2]:

1 уровень – идет снятие показаний с полевых датчиков.

2 уровень – представляет собой коммутацию сигналов с датчиков через сетевой модуль связи и передачу их на контроллер.

3 уровень – контроллерный. Здесь в зависимости от показаний датчиков и исполнительных устройств, происходит формирование выходного управляющего сигнала. Также формируется база данных для мониторинга и контроля технологического процесса.

Параметры, задающиеся в локальную вычислительную сеть, включающие в себя:

- показания веса на дозирующих устройствах, кг;
- уровень заполнения суточных силосов %;
- состояние вибромоторов и асинхронных двигателей транспортирующих конвейеров;

Для опознавания каждого элемента контроля и управления имеется свой идентификатор (ТЕГ) состоящий из символьной строки. Структура ТЕГов приведена ниже.

AAA_BBB_CCCC_DDDD

где, AAA – обозначение параметра, имеющего значения (3 символа):

WGH – масса;

LEV – уровень;

CND – состояние.

BBB – код (шифр) технологического оборудования (3 символа):

VBR – вибромотор;

ENG – двигатель.

CCCC – уточнение (не более 4 символов):

BNK1...4 – силос суточного хранения сырья 1...4;

DZT1...4 – дозатор 1...4;

CNV1...2 – транспортирующий конвейер 1...2.

DDDDD – примечание (не более 5 символов):

WORK – работает;

STOP – остановлен;

BLOCK – заблокирован.

Смысл символа подчеркивания _, в том, чтобы разделить одну часть идентификатора от другой.

Ниже в таблице 2 приведена кодировка сигналов, приводящихся в программном обеспечении SCADA – системы.

Таблица 2 – Шифр используемых сигналов

Кодировка	Расшифровка кодировки
WGH_ BNK1...4	Измерение веса проходящего через дозатор 1...4 сырья
LEV_ BNK1...4	Уровень сырья в суточных силосах 1...4
CND_ ENG_ CNV1...2_ WORK	Состояние двигателя транспортирующего конвейера 1...2 (рабочий)
CND_ ENG_ CNV1...2_ STOP	Состояние двигателя транспортирующего конвейера 1...2 (остановлен)
CND_ ENG_ CNV1...2_ BLOCK	Состояние двигателя транспортирующего конвейера 1...2 (заблокирован)
CND_ VBR_ DZT1...4_ WORK	Состояние вибромотора на дозаторе 1...4 (рабочий)
CND_ VBR_ DZT1...4_ STOP	Состояние вибромотора на дозаторе 1...4(остановлен)
CND_ VBR_ DZT1...4_ BLOCK	Состояние вибромотора на дозаторе 1...4 (заблокирован)

В результате действия базы данных, совершается:

- автоматизированный сбор и первичная обработка технологической информации, определение значений параметров по измеренным сигналам;
- предупредительная и аварийная сигнализация при выходе технологических параметров за установленные границы и при обнаружении неисправностей в работе оборудования системы;
- представление технологической и системной информации в удобном для восприятия и анализа виде; автоматическое формирование отчетов и режимных листов за определенные периоды времени.

3 Выбор средств реализации АС дозирования сырья

3.1 Выбор контроллерного оборудования

При выборе контроллерного оборудования, рассматривались программируемые логические контроллеры фирм: Siemens SIMATIC (S7-300), Fastwell CPM704 и Schneider Electric (Modicon M340).

Далее в таблице 3 приведено сравнение основных характеристик программируемых логических контроллеров: SIMATIC S7-300 315, Овен ПЛК110–32 и Schneider Electric (Modicon M340) [7].

Таблица 3 – Сравнение технических характеристик ПЛК SIMATIC S7-300, Fastwell CPM704 и Schneider Electric (Modicon M340)

Технические характеристики	Siemens (S7-300)	Schneider Electric (Modicon M340)	Овен ПЛК110–32
Процессор	315 2DP	Intel Industrial Celeron 2,3 GHZ	RISC – процессор 400 МГц
Память (RAM)	128 Кбайт	64 Кбайт	64 Кбайт
Количество каналов ввода-вывода	256	64	Определяется типом модулей
Время цикла	От 0,15 мс	4 мс	4 мс
Поддерживаемые интерфейсы и протоколы	RS485, Profibus, Ethernet, MPI, Modbus	Ethernet, MODBUS RTU, RS485	CANopen, MODBUS RTU, RS485, Ethernet
Напряжение питания	24 Вольт	24 Вольт	24 Вольт
Мощность	3,5 Вт	3,5 Вт	3,5 Вт
Диапазон рабочей температуры	от минус 40 – до 70 °С	от 0 – до 60 °С	от минус 20 – до 50 °С
Степень защиты	IP65	IP20	IP20
Цена в рублях	132 820 руб.	148 445 руб.	30 120 руб.

Овен ПЛК110–32 имеет довольно приемлемую цену, но не подходит ввиду своего форм-фактора (не является модульным), а также имеет частые сбои в работе. Среди оставшихся двух ПЛК, SIMATIC S7-300 выигрывает за счет своего быстродействия, класса защиты, а также более приемлемой цены, выбираем его. ПЛК SIMATIC S7-300 изображен на рисунке 10.



Рисунок 10 – ПЛК SIMATIC S7-300

Назначение. Области применения SIMATIC S7-300 охватывают:

- автоматизацию машин специального назначения; автоматизацию текстильных и упаковочных машин;
- автоматизацию машиностроительного оборудования; автоматизацию оборудования для производства технических средств управления и электротехнической аппаратуры;
- построение систем автоматического регулирования и позиционирования, автоматизированные измерительные установки и другие.

Преимущества:

- эксплуатация в тяжелых промышленных условиях;
- проверенная технология S7-300;
- удобная установка, программирование, обслуживание и эксплуатация;
- идеальное изделие для автомобилестроения, химической промышленности, установок для защиты окружающей природной среды, различных производств, пищевой промышленности и т. д.;
- заменяет дорогостоящие системы специального назначения;
- допускает временное обледенение печатных плат;
- допускает наличие агрессивных примесей в атмосфере.

Возможности контроллера:

- быстроедействие и поддержка математических операций для эффективной обработки данных;
- удобная настройка параметров с инструментами для всех модулей контроллера;
- постоянный мониторинг системы для обнаружения ошибок и отказов с использованием диагностических функций;
- журнал диагностических сообщений с метками даты и времени;
- автоматический обмен данными между операционной системой контроллера и приборами.

Возможная схема подключения ПЛК SIMATIC S7-300 к устройству программирования с изображена на рисунке 11.

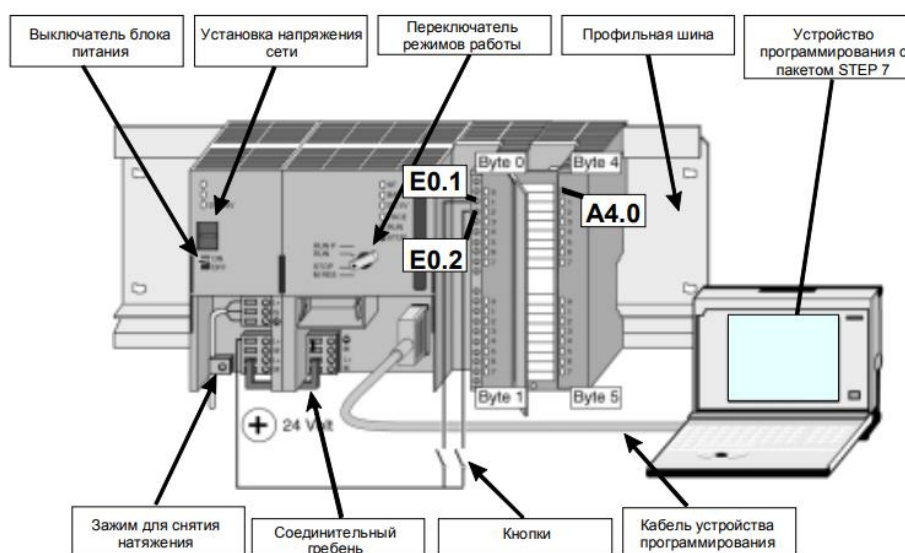


Рисунок 11 – Схема конфигурации ПЛК SIMATIC S7-300

3.2 Выбор сетевого модуля связи

В качестве модуля связи в системе будем использовать станцию Siemens ET 200M.

Принцип действия:

В сети PROFIBUS DP станция ET 200M выполняет функции стандартного ведомого DP устройства. В сети PROFINET IO функции прибора

ввода-вывода. Объем поддерживаемых функций зависит от типа используемого интерфейсного модуля.

Конфигурирование, программирование и диагностика каналов ввода-вывода станции ET 200M выполняется теми же способами, что и для входов-выходов системы локального ввода-вывода программируемых контроллеров SIMATIC S7.

Обмен данными через сеть поддерживается интерфейсными модулями станции и интерфейсным модулем ведущего сетевого устройства.

При этом обеспечивается поддержка множества диагностических функций, с помощью которых можно контролировать:

- исправность модулей ввода-вывода станции.
- короткие замыкания и обрывы во внешних цепях модулей.
- ошибки в передаче данных.
- наличие напряжения питания = 24 В.
- установку и удаление модулей станции.

Результаты диагностики могут анализироваться:

- с помощью светодиодов на фронтальных панелях модулей станции ET 200M;

дистанционно с помощью центрального процессора ведущего сетевого устройства.

Далее на рисунке 12 показан внешний вид сетевого модуля ET 200M.



Рисунок 12 – Сетевой модуль связи Siemens ET 200M

3.3 Выбор датчика измерения веса

Для измерения веса сырья проходящего через бункер дозатор будем использовать тензометрические датчики.

Конструкция резистивного тензодатчика представляет собой упругий элемент, на котором зафиксирован тензорезистор. Под действием силы (веса груза) происходит деформация упругого элемента вместе с тензорезистором. В результате изменения сопротивления тензорезистора, можно судить о силе воздействия на датчик, а, следовательно, и о весе груза.

Принцип измерения веса при помощи тензодатчиков основан на уравнивании массы взвешиваемого груза с упругой механической силой тензодатчиков и последующего преобразования этой силы в электрический сигнал для последующей обработки.

В процессе анализа оборудования для измерения веса были выделены тензодатчики 3 фирм:

- Gefran CM K2C;
- CAS SBA-1;
- Sierra SH2T.

Исходя из технико-экономических показателей, а также самого высокого класса точности, выберем тензодатчик веса фирмы Gefran CM K2C, изображение показано на рисунке 13.



Рисунок 13 –Тензодатчик веса Gefran CM K2C

Ниже в таблице 4 приведены технические характеристики тензометрических датчиков веса Gefran CM K2C.

Таблица 4 – Технические характеристики тензодатчиков Gefran CM K2C, CAS SBA-1, Sierra SH2T

Параметр	Gefran CM K2C	CAS SBA-1	Sierra SH2T
Диапазон измерений	От 10 до 50 000 кг	От 15 до 30 000 кг	От 10 до 30 000 кг
Класс точности	0,1 %	0,3 %	0,3 %
Материал исполнения	Конструкция из нержавеющей стали	Алюминиевый корпус	Алюминиевый корпус
Тип сигнала	Внутренне генерируемый калибровочный сигнал	Внутренне генерируемый калибровочный сигнал	Внутренне генерируемый калибровочный сигнал
Номинальное напряжение питания	24 В	24 В	24 В
Аналоговый выходной сигнал	(0–20) мА / (4–20) мА	(0–20) мА / (4–20) мА	(0–20) мА / (4–20) мА
Степень защиты	IP67	IP65	IP65
Цена в рублях	12 000 руб.	20 500 руб	18 500 руб

Габаритные и присоединительные размеры тензометрического датчика Gefran CM K2C приведены на рисунке 14.

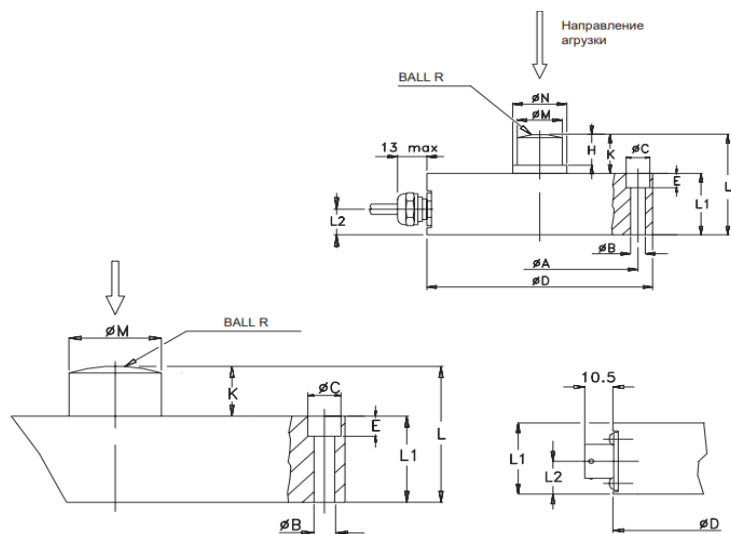


Рисунок 14 – Габаритные и присоединительные размеры тензометрического датчика Gefran CM K2C

На рисунке 15 приведена электрическая схема подключения тензометрического датчика.

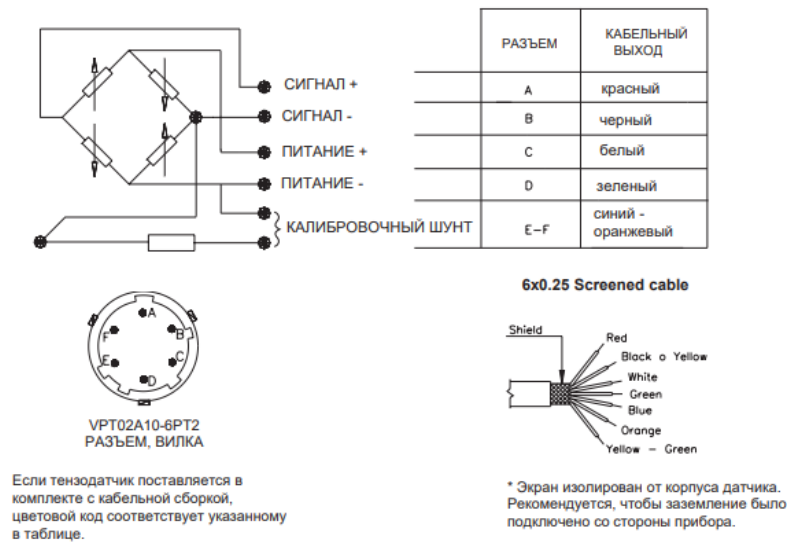


Рисунок 15 – Электрическая схема подключения датчика веса Gefran CM K2

Так как, распределение нагрузки на бункере дозаторе неидеальное, для повышения точности измерения будем использовать конфигурацию в связке из 3 тензодатчиков [4].

Схема подключения приведена ниже на рисунке 16.

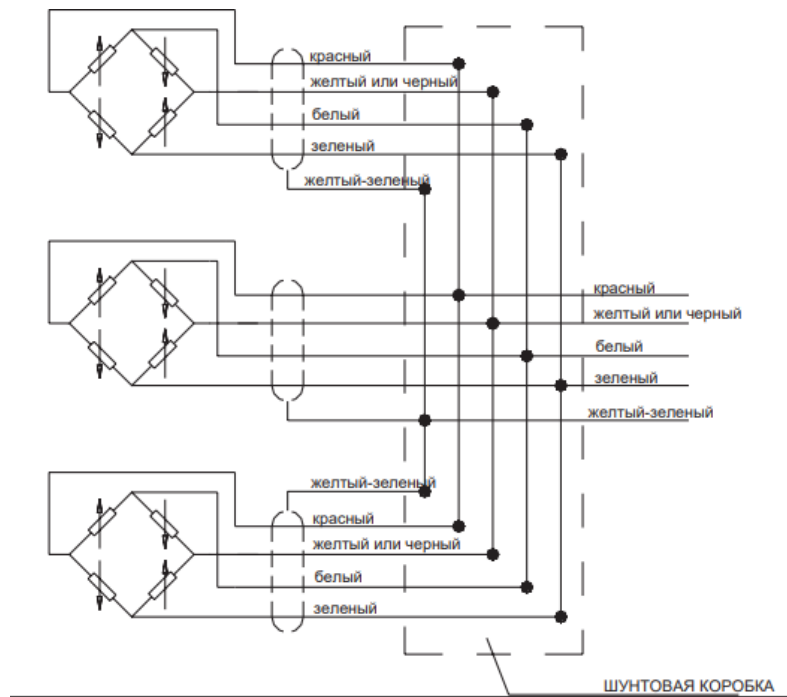


Рисунок 16 – Схема подключения трех тензодатчиков

3.4 Выбор датчика уровня

Для измерения уровня сырья находящегося в силосе, проведем анализ среди микроволновых датчиков 3 разных фирм, среди которых ДНЕ–4Н, endress+hauser FQR56 и Gauger 420. Сравним технические характеристики, а также стоимость датчиков в таблице 5.

Таблица 5 – Технические характеристики датчиков уровня

Параметр	endress+hauser FQR56	ДНЕ–4Н	Gauger 420
Диапазон измерений	макс. 100 м	макс. 15 м	макс. 8 м
Питание	24 В	24 В	24 В
Температура окружающей среды	от минус 40 °С до 70 °С	от минус 20 °С до 55 °С	от минус 10 °С до 50 °С
Выходной сигнал	(4–20) мА	(4–20) мА	(4–20) мА
Цена в рублях	12 000 руб.	17 000 руб.	18 000 руб.

Уровнемер endress+hauser FQR56 наименьшую стоимость по отношению к приведенным аналогам, а также больший диапазон рабочих температур. Исходя из проведенного анализа, выберем его, рисунок 17 [8].



Рисунок 17 – Ультразвуковой уровнемер FQR56 фирмы endress+hauser

Принцип измерения: микроволновый барьер.

Применение:

- бесконтактное определение предельного уровня и контроля расхода;
- обнаружение, подсчет и позиционирование объектов;
- мониторинг точек передачи.

3.5 Выбор прибора местной индикации веса

Электронные индикаторы веса - устройства, предназначенные для преобразования сигнала, поступающего с тензодатчика. Весовые индикаторы используются для статического взвешивания, отображения и передачи результатов измерений по каналам связи, а также для встраивания в автоматизированные системы дозирования.

При выборе тензодатчиков веса выбор пал на датчик веса Gefran CM K2C, поэтому в качестве прибора местной индикации будем использовать индикатор Gefran 2400, внешний вид изображен на рисунке 18.



Рисунок 18 –Индикатор веса Gefran 2400

Описание основных характеристик:

- двойной настраиваемый вход для тензодатчика потенциометра линейных сигналов термодпары термометра сопротивления;
- два дополнительных аналоговых входа;
- дифференциальное измерение;
- высокая точность: 0.1 % полной шкалы;
- высокая скорость расцепления;
- автоматическая калибровка 6-ти проводного тензодатчика;

- источник питания преобразователя и тензометрического пробника;
- память: минимальный пик, максимальный пик, двойная амплитуда;
- 3 настраиваемых индикатора, функция безаварийного отключения;
- 2 цифровых входа;
- до 4 релейных / логических выходов;
- Дисплей на 5 цифр;
- Опциональный интерфейс последовательного соединения: RS485 MODBUS RTU, Profibus DP slave;
- Изолированный аналоговый выход ретрансляции (опционально).

3.6 Расчет вибромотора

Исполнительным механизмом в системе дозирования сырья, является вибропитатель. Определим основные параметры вибромотора для дозирования сырья плотностью $\gamma = 2,2 \text{ т/м}^3$ и поперечным размером проходящего материала 0,2 м.

Данные для расчета: длина вибропитателя $L = 2 \text{ м}$, угол наклона $\beta = 10^\circ$, рабочая ширина $b = 1,2 \text{ м}$, высота стенки $h = 0,5 \text{ м}$.

Коэффициент режима работы вычислим по формуле (1):

$$K_p = \frac{A\omega^2 \sin\alpha}{g \cos\beta}, \quad (1)$$

где A – амплитуда колебаний, мм;

α - угол вибраций, то есть угол между направлением возмущающей силы F и плоскостью грузонесущего органа, градус;

β - угол наклона грузонесущего органа, градус;

ω - $\pi n/30$ – круговая частота возбудителя колебаний, С^{-1} ;

n – число колебаний в минуту;

g – ускорение свободного падения, м/с^2

Для вибропитателей с инерционным приводом направленного действия, работающих под нагрузкой сырья, $\alpha = 30 - 40^\circ$, $\beta = 7 - 12^\circ$, $n = 1200 - 1500$ мин⁻¹, $A = 3 - 5$ мм, $K_p = 1,5 - 3$

Заранее вычислим частоту возбудителя (2):

$$\omega = \frac{\pi n}{30} = \frac{3,14 \cdot 1200}{30} = 125,6 \text{ с}^{-1}, \quad (2)$$

Тогда коэффициент режима работы (3):

$$K_p = \frac{0,3125,6^2 \cdot \sin 30^\circ}{9,81 \cdot \cos 10^\circ} = 2,84, \quad (3)$$

Транспортирующая скорость находится по формуле (4):

$$v = (k_1 \pm k_2 \sin \beta) A \omega \cos \alpha \sqrt{1 - \frac{1}{K_h}}, \quad (4)$$

где k_1 и k_2 - эмпирические коэффициенты, зависящие от свойств, транспортируемого сырья (для нашей системы $k_1 = 0,7 - 1$, $k_2 = 1,5 - 2$).

Подставляем значения в формулу (5):

$$v = (k_1 \pm k_2 \sin \beta) A \omega \cos \alpha \sqrt{1 - \frac{1}{K_h}} = (0,7 + 1,75 \sin 10^\circ) \cdot 0,003 \cdot 125,6 \cdot \cos 30^\circ \sqrt{1 - 1/2,84} = 0,28 \text{ м/с} \quad (5)$$

Для расчета производительности вибратора используем (6):

$$Q_m = 360 \Omega v \gamma k_3, \quad (6)$$

где Ω - площадь поперечного сечения вибропитателя, (м²);

k_3 - коэффициент заполнения грузонесущего органа вибропитателя, (0,35 - 0,5);

v - скорость транспортирования (0,2-0,3 м/с);

Площадь поперечного сечения грузонесущего органа

$\Omega = bh = 1,2 \cdot 1,5 = 0,72 \text{ м}^2$, коэффициент заполнения $K_3 = 0,9$.

Подставляем в формулу и находим техническую производительность вибромотора (7):

$$Q_m = 360 \Omega v \gamma k_3 = 360 \cdot 0,6 \cdot 0,28 \cdot 2,2 \cdot 0,9 = 120 \text{ м/ч}, \quad (7)$$

Расчет мощности вибромотора будем производить по формуле (8) [6]:

$$N = \frac{K_{зан} q g (L + H) v}{1000 \eta}, \quad (8)$$

где $q = Q_m / (3,6v)$ - линейная масса груза на грузонесущем органе, кг/м;

$g = 9,81 \text{ м/с}^2$ - ускорение свободного падения;

L, H – длина и высота транспортирования;

$K_{зан} = (1,1-2)$ – коэффициент запаса мощности;

η - коэффициент полезного действия вибромотора;

Найдем линейную массу груза (9):

$$q = \frac{Q_m}{3,6v} = \frac{120}{3,6 \cdot 0,28} = 119,8 \text{ кг/м}, \quad (9)$$

Рассчитаем мощность вибромотора (10):

$$N = \frac{1,1 \cdot 119,8 \cdot 9,81 \cdot (2 + 1,5) \cdot 0,28}{1000 \cdot 0,85} = 1,49 \text{ кВт}, \quad (10)$$

Исходя из расчетов, принимаем в работу четырехполюсный вибромотор мощностью 1,6 кВт фирмы OLI, его изображение на рисунке 19.



Рисунок 19 – Вибромотор OLI серии MVE

Технические характеристики указаны в таблице 6.

Таблица 6 - Технические характеристики вибромотора OLI

Параметр	Значение
Рабочий момент	187.69 кг/см
Модель	MVE 2400/15
Вынуждающая сила	2358 кг
Вес	68 кг
Мощность	1.60 кВт
Сила тока, при 50Hz (400V)	3.00 А max.
Цена в рублях	86 235 руб.

3.7 Выбор преобразователя частоты

В большинстве случаев устройство частотного преобразователя базируется на схеме двойного преобразования. Агрегаты включают: звено постоянного тока (неуправляемый выпрямитель), силовой импульсный инвертор и управляющую систему. В свою очередь, звено постоянного тока включает неуправляемый выпрямитель и фильтр. Здесь переменное напряжение сети преобразуется в напряжение постоянного тока.

В силовой трехфазный импульсный инвертор входит шесть транзисторных ключей, и каждая обмотка двигателя подключается через определенный ключ к положительному/отрицательному выводам выпрямителя.

Посредством инвертора выполняется преобразование выпрямленного напряжения в трехфазную переменную величину нужной частоты и амплитуды, прикладываемую к обмоткам статора электрического двигателя.

В роли ключей используются силовые IGBT-транзисторы. Если сравнивать их с тиристорами, то первые имеют более высокую частоту переключения, что дает возможность вырабатывать выходной сигнал синусоидальной формы при минимальных искажениях.

Анализ проведен между двумя преобразователями DANFOSS VACON 100 INDUSTRIAL и ABB ACS800-01-0016. Ввиду того, что частотный

преобразователь ABB ACS800-01-0016 может обеспечить более широкий диапазон рабочих частот, а также высокую степень защиты, выбираем его, рисунок 20.



Рисунок 20 –Частотный преобразователь ABB ACS800-01-0016

Таблица 6 - Технические характеристики частотного преобразователя ABB ACS800-01-0016 и DANFOSS VACON 100 INDUSTRIAL

Наименование параметра	ABB ACS800-01-0016	DANFOSS VACON 100 INDUSTRIAL
Частота	47 ... 63 Гц	49...60 Гц
Входное напряжение	380 ... 415 В	380 ... 415 В
Выходной ток, работа в нормальных условиях	25 А	25 А
Выходная мощность	25 кВт	15 кВт
Степень защиты корпуса	IP 40	IP 21
Цена в рублях	123 361 руб	125 156 руб

4 Разработка системы автоматического регулирования

4.1 Алгоритм автоматического регулирования

В процессе дозирования сырья основным критерием качества регулирования будем считать точность компонентов дозированной смеси.

Необходимую точность дозирования в нашей системе, можно получить путем замкнутого контура регулирования по весу сырья. Максимальное быстродействие достигается путем того, что регулятор веса (вибромотор) большую часть времени находится в состоянии насыщения.

Классический подход, в таких системах регулирования в реалии дает слабую точность (перевес, недовес), а соответственно при большом производстве является экономически невыгодным.

Для устранения такого недостатка, предлагается интегрировать в контур регулирования алгоритм коррекции ошибки дозирования с учетом поддержания производительности вибромоторов дозатора на оптимальном уровне.

Схему регулирования в нашей системе представим из следующих компонентов: ПЛК с ПИД - регулятором, преобразователь частоты, вибромотор, объект управления и тензодатчик.

Для регулирования подачи сырья на весы дозатора на выходе данного объекта применяем замкнутый принцип управления.

Структурная схема контура автоматического регулирования приведена на рисунке 21.

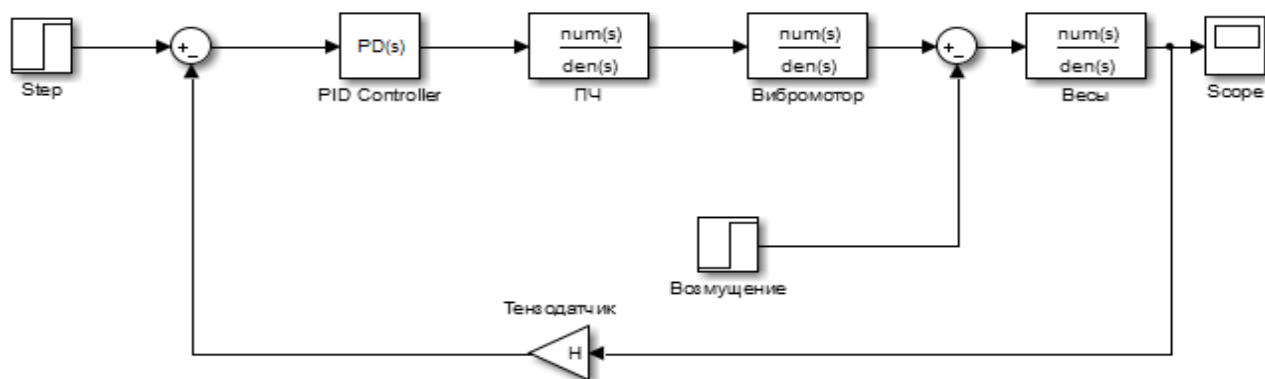


Рисунок 21 – Структурная схема системы дозирования сырья

Расчет передаточных функций элементов структурной схемы [5].

1. Передаточная функция вибромотора.

Вибромотор представляет собой апериодическое звено, преобразующее электрическую энергию в силу механических колебаний. Исходя из характеристик вибромотора, представим его передаточную функцию как отношение статического передаточного коэффициента двигателя к его постоянной времени:

Передаточная функция вибромотора при управлении от ПЧ по закону регулирования $U/f=\text{const}$ (11):

$$W_{\text{вб}} = \frac{K_{\text{вб}}}{T_{\text{вб}}s + 1} = \frac{6,28}{0,04s + 1}, \quad (11)$$

где $K_{\text{вб}} = K_{\text{дв}}$, коэффициент передачи вибромотора (12)

Коэффициент передачи вибромотора представим, как отношение угловой скорости вращения двигателя $\omega_{\text{н}} = 314$ рад/с, к частоте питания сети f :

$$K_{\text{дв}} = \omega_{\text{н}}/f = 314/50 = 6,28 \text{ рад}/(\text{с} \cdot \text{Гц}), \quad (12)$$

Постоянную времени вибромотора найдем по формуле (13):

$$T_{\text{вб}} = \frac{1}{\omega_0 \cdot S_K} = \frac{1}{314 \cdot 0,08} = 0,04 \text{ с}, \quad (13)$$

где ω_0 – угловая скорость вращения

Угловую скорость вращения двигателя найдем по формуле (14):

$$\omega_0 = \frac{2\pi n_0}{60} = \frac{2 \cdot 3,14 \cdot 3000}{60} = 314 (\text{рад} / \text{с}), \quad (14)$$

Критическое скольжение (15):

$$S_K = S_H \left(\lambda + \sqrt{\lambda^2 - 1} \right) = 0,016 \cdot \left(2,5 + \sqrt{2,5^2 - 1} \right) = 0,08, \quad (15)$$

2. Передаточная функция ПЧ находится по тому же принципу, что и вибромотор (16):

$$W_{\text{ПЧ}} = \frac{K_{\text{ПЧ}}}{T_{\text{ПЧ}}s + 1} = \frac{5}{0,00008s + 1}, \quad (16)$$

Коэффициент передачи (17):

$$K_{\text{ПЧ}} = f_{\text{н}}/u_{\text{УПР}} = 50/10 = 5 \text{ Гц/В}, \quad (17)$$

Постоянная времени преобразователя частоты (18):

$$T_{пч} = \frac{0,5}{f_{шим}} = \frac{0,5}{6 \cdot 10^3} = 0,8 \cdot 10^{-4} \text{ с}, \quad (18)$$

$F_{шим} = 6 \cdot 10^3$ Гц – частота широтно-импульсной модуляции;

3. Передаточная функция весов.

На вибрационном дозаторе определение текущего веса осуществляется на участке взвешивания (весовой стол).

Передаточную функцию объекта регулирования представим в следующем виде (19):

$$W_1(p) = \frac{L}{Q_H} = \frac{K_1}{p} \quad W_1(p) = \frac{L}{Q_H} = \frac{K_1}{s} = \frac{1,017}{s}, \quad (19)$$

где Q_c – расход сырья, м³/с;

L – скорость подачи сырья на весовое устройство, кг/с;

K_1 – коэффициент передачи емкости, о.е.

$$\Delta L = K_1 \int_0^{20000} Q(t) dt, \quad (20)$$

$$K_1(p) = \frac{\Delta L}{Q_c \cdot \Delta t} = \frac{600}{0,0295 \cdot 20000} = 1,017 \text{ о.е.}, \quad (21)$$

4. Передаточную функция тензодатчика представим в виде формулы (22):

$$W_D = K_D = U_D / Q = 6,25 / 60,7 = 0,103 \text{ В/кг}, \quad (22)$$

где U_D – напряжение питания датчика (В), Q – 60,7 среднее количество взвешиваемого материала (кг/с).

Согласно структурной схеме определим передаточную функцию регулятора (23):

$$W(p) = \frac{5 \cdot 6,28 \cdot 1,017 \cdot 0,103}{(0,00008s + 1)(0,04s + 1)s}, \quad (23)$$

Соберем данную систему в Simulink, включая в схему возмущения, рисунок 22.

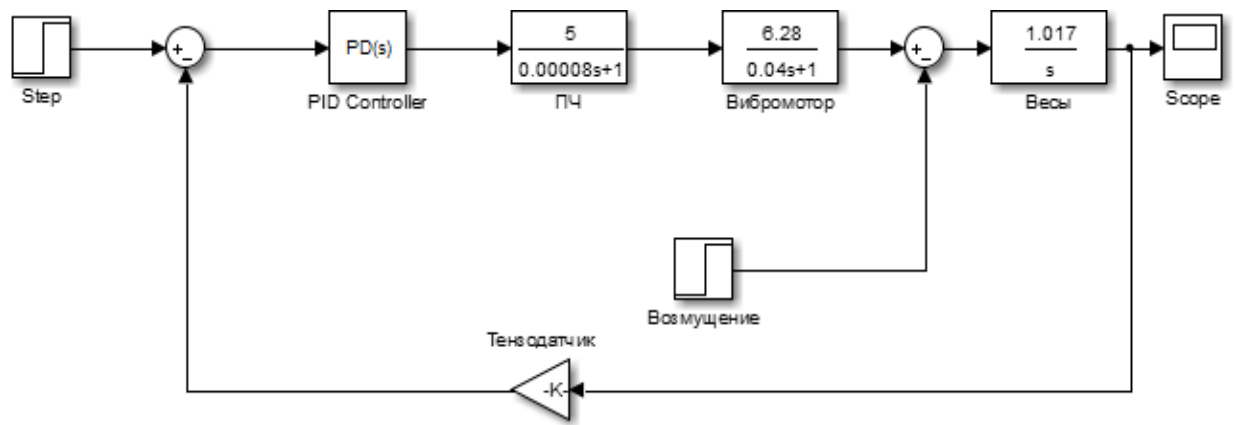


Рисунок 22 – Система регулирования созданная в Matlab (Simulink)

При помощи дополнительных средств Matlab, настроим регулятор и получим следующие настройки и характеристику, рисунок 23.

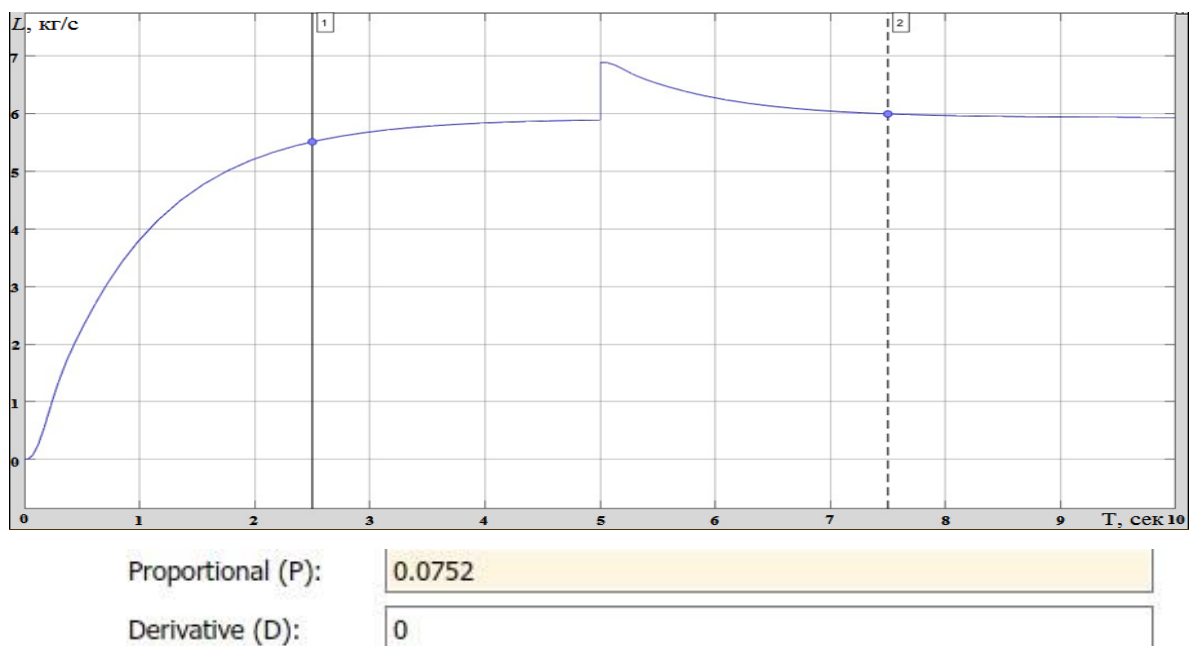


Рисунок 23 - График переходной функции по управляющему воздействию

Переходный процесс имеет перерегулирование 0 %, время регулирования составляет - 2,5 сек. Показатели качества удовлетворяют техническим требованиям оборудования. Нулевое значение перерегулирования, говорит о том, что увеличивается эксплуатационный период составляющих системы.

5 Разработка программного обеспечения АС дозирования сырья

5.1 Выбор алгоритмов управления АС дозирования сырья

В АСУТП дозирования сырья для каждого уровня управления, существует конкретный алгоритм управления. Используются алгоритмы:

- пуска (запуска), останова (на основе релейной автоматики), реализуются в ПЛК, а также в SCADA – системе;
- ПИД-алгоритмы автоматического регулирования параметрами технологического оборудования (регулирование частоты работы вибромоторов) (управление с помощью частотного преобразователя, передача данных к ПЛК);
- управление сбором сигналов с полевого уровня, с помощью логических программных блоков реализуемых в ПЛК;
- алгоритмы централизованного управления АС (реализуются на ПЛК и SCADA-форме) и др.

В данной работе разработаны следующие алгоритмы:

- алгоритм пуска/останова технологического оборудования,
- алгоритм сбора данных измерений,
- алгоритм автоматического регулирования технологическим параметром.

Для представления алгоритма пуска/останова и сбора данных будем использовать правила ГОСТ 19.002 [32].

Для измерения выбираем канал измерения веса на дозаторе, с дальнейшим регулированием частоты вращения вибромотора

5.2 Разработка экранной формы АС дозирования сырья

Управление системой дозирования сырья на производстве каменной ваты построено на основе экранных форм (мнемосхем). На мнемосхеме можно

наглядно увидеть работу технологического процесса, отображение всех параметров, а так же управление данной системой.

Управление АС реализовано с помощью SCADA–пакета SIMATIC WIN CC, которая является собственностью компании SIEMENS. Мониторинг, а также контроль и управление АС дозирования сырья происходят в режиме реального времени. Для использования требуется необходимое компьютерное и программное обеспечение отвечающее основным требованиям надежности и безопасности. Также несомненным плюсом, является отсутствие ограничений при выборе оборудования полевого уровня.

Одной из локальных систем производства каменной ваты является система дозирования сырья с последующей загрузкой, в плавильную печь, рисунок 26. Оператор по запросу может потребовать вывод на экран следующей информации:

Уровень сырья находящегося в бункере, формирующийся и фактический расход сырья на каждом дозаторе, ошибки дозирования, в виде трендов можно получить информацию об общей производительности.

Для повышения точности дозирования проводится непрерывный опрос с тензодатчиков, для сравнений фактического и заданного расхода сырья, если есть расхождение, происходит ввод корректирующего воздействия. В течение цикла работы вибродозаторов, система редактирует специальные таблицы с помощью тестов, тем самым адаптируя алгоритм регулирования под разные условия работы.

Также при желании, можно запустить единичную загрузку (одного бункера), либо настроить загрузку определенных бункеров.

Оператору при работе с системой предоставляется возможность управления при помощи навигационных кнопок. На основном экране можно увидеть следующую информацию:

- отображение технологического процесса;

- навигационные кнопки, среди которых (переход между страницами; старт, стоп приводов системы; кнопки вызова специальных страниц; кнопки вызова предупредительных сообщений);
- отображение текущих производственных параметров;
- отображение даты и времени;
- наименование секции производства.

Для отображения аналоговых параметров принята следующая цветовая гамма:

- зеленый - параметр достоверен и в норме;
- желтый – параметр достоверен и достигает допустимого (максимального или минимального) значения;
- красный – параметр достоверен и достигает предельного (максимального или минимального) значения.

Графические изображения основных навигационных кнопок приведены ниже на рисунках 24, 25.

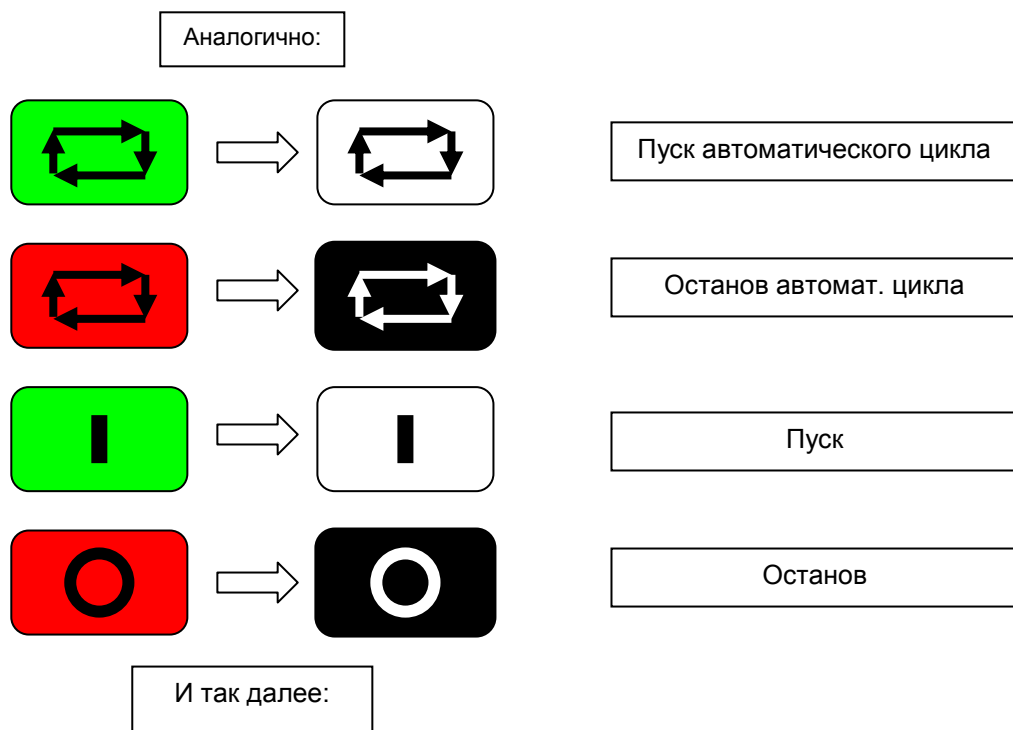


Рисунок 24 – Мнемознаки системы дозирования



CLICK

Рисунок 25 – Привод рабочей зоны дозирования

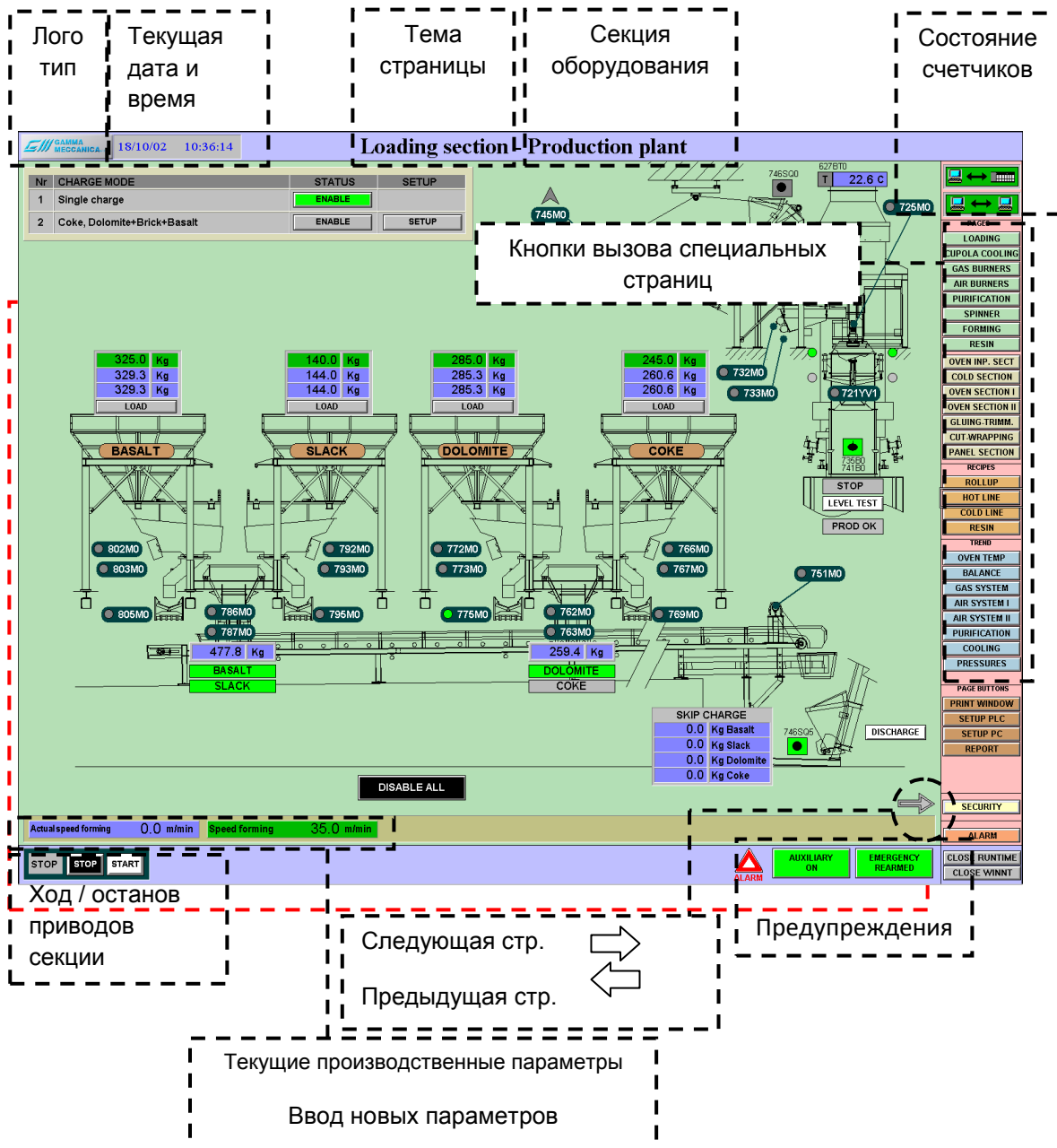


Рисунок 26 – Мнемосхема АС дозирования сырья на суточных силосах

5.3 Алгоритм работы АС дозирования сырья

Частота инверторов вибраторов предустановлена в программе ПК (управление реализуется с помощью ПЛК).

Проверяется, чтобы каждая позиция была отработана:

- отдельное взвешивание кокса (или более одного предустановленного);

- отдельное взвешивание базальта (или более одного предустановленного)

- отдельное взвешивание брикетов/шлака (или более одного предустановленного);

отдельное взвешивание доломита (или более одного предустановленного);

Система имеет некоторые функции безопасности:

- если в течение некоторого времени не достигается установленный вес, система сигнализирует (пустой дозатор) или (заблокированный вибратор);

- если в течение некоторого времени воронка взвешивания не опустошалась, поднимается тревога (заблокирован вибратор) или (проблемы вибратора);

Контролируется, чтобы система взвешивания опустошилась раньше следующего взвешивания, проверяется, чтобы вес оставшегося материала был ниже предустановленного порога (устанавливается).

В моменте взвешивания система повторно устанавливается, чтобы вес оставшегося материала был (обнулен), последовательно начинается фаза взвешивания.

Фаза взвешивания происходит в цикле:

- начинают работать вибраторы на высокой скорости;
- когда достигнут установленный вес менее некоторого количества;
- вибраторы уменьшают скорость;
- достигнув, необходимое значение — останавливаются;

- тревога передается если превышено некоторое время между началом цикла и установленным временем;
- тревога передается если количество вызовов больше некоторого числа;

В интерфейсе программы можно увидеть: двигатели и вибромоторы, которые работают, в каком режиме параметры и настройки.

Также существует команда опустошения линии (предварительно): практически опустошаются весы, транспортеры, уровень бункеров становится незначительным. Алгоритм работы АС дозирования сырья представлен в виде блок-схемы в (Приложении Г).

5.4 Структура программного обеспечения системы АС дозирования сырья

Управление и визуальный мониторинг системы осуществляется с помощью АРМ оператора. Так же на площадке суточных силосов установлена сенсорная панель управления системой с упрощенным интерфейсом. Управление заключается в вводе дозаторов в автоматический режим работы, после чего система дозирования начинает цикл работы.

Описание работы программы дозирования сырья суточных силосов, в автоматическом режиме:

Вибромоторы дозатора создают колебания решеток дозатора, за счет чего происходит дозирование сырья в контейнер для взвешивания (тару), а также просеивание сырья с отделением мелкой фракции до 20 мм. Отсеянное зерно сквозь решетку падает на ленту для транспортировки дробленого материала. Сырье дозируется в контейнер (тару) до тех пор, пока не будет достигнут заданный вес. По достижении заданного значения в кг (точки грубого отсека) вибрационный дозатор начинает работать в режиме точного дозирования (с меньшей интенсивностью). По достижении заданного веса дозирование прекращается: закрывается запирающая заслонка и вибромоторы

выключаются. По окончании взвешивания тара спускается в первоначальное положение (на пружины). Система транспортировки включается автоматически по окончании взвешивания. После этого включаются весы-дозаторы в режиме дозирования сырья. Таким образом, различные сырьевые компоненты загружаются на ленту для транспортировки сырья на дальнейшую переработку. После выгрузки весов выключаются вибромоторы и на этом весь цикл, взвешивания - дозирования заканчивается. Весы дозаторы ждут начала нового цикла, который начинается при получении сигнала требования по загрузке со стороны плавильной печи.

Процедура взвешивания начинается с установки весов в позицию взвешивания (на воздушных подушках).

Настройка времени задержки и времени схода каждого из материалов должна быть настроена таким образом, чтобы, весь материал, сыпавшийся на конвейер под суточными силосами, был равномерно распределён по всему объему [6].

Ниже на рисунке 27 изображена структура ПО SIMATIC Win CC, на рисунке 28, показано основное рабочее окно ПО SIMATIC Step 7

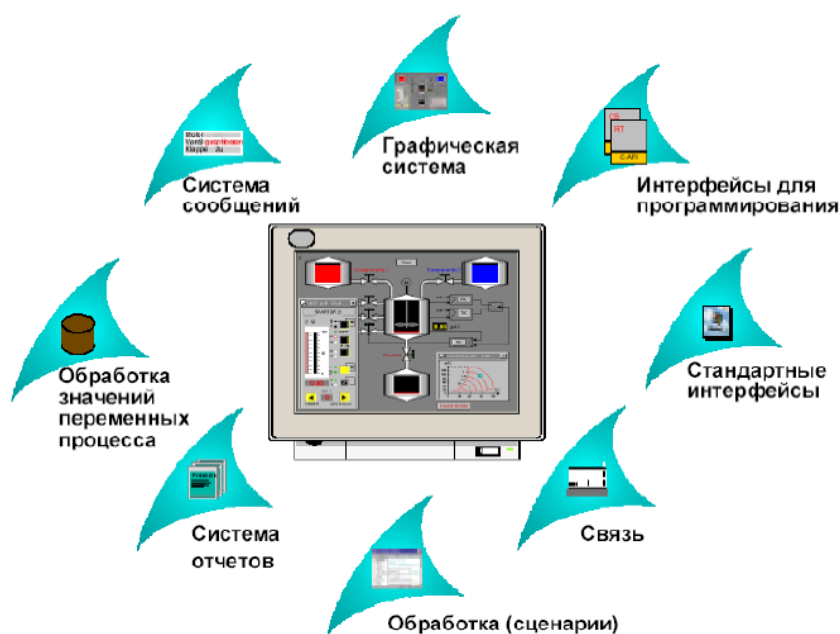


Рисунок 27 – Структура ПО SIMATIC Win CC

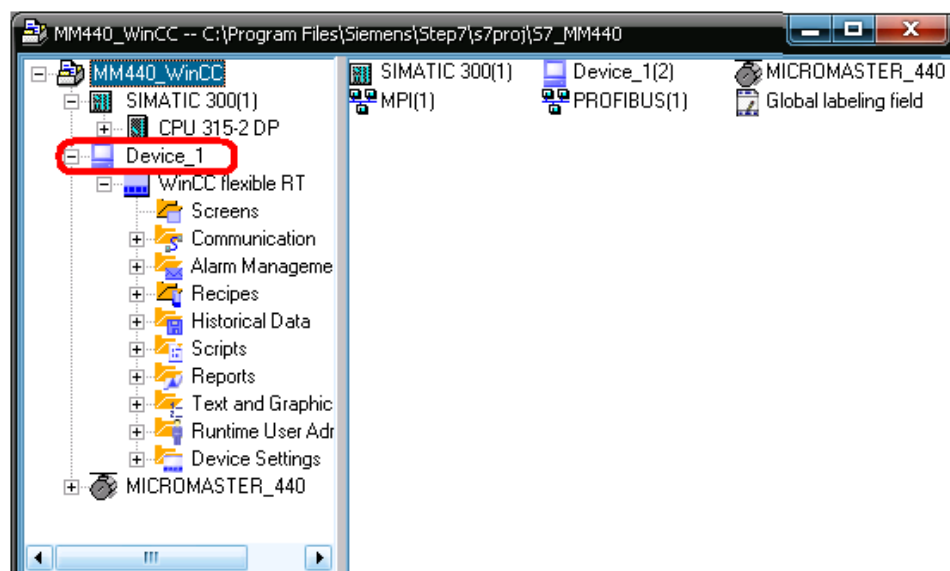


Рисунок 28 – Рабочее окно Step 7

Simatic Step 7 – программный пакет, принадлежащий компании (SIEMENS). Служит для разработки систем автоматизации на основе ПЛК Simatic S7-300. Программное обеспечение выпускается с интерфейсом на английском, немецком французском, итальянском и испанском языках.

Программирование ПЛК осуществляется с помощью 3 основных и 4 дополнительных языков:

- LAD— язык релейно-контактной логики;
- FBD— язык функциональных блочных диаграмм;
- STL— язык списка инструкций

Фрагмент рабочего кода для работы 1 бункера в автоматическом режиме, написанный на языке STL приведен в (Приложении Д).

5.5 Система допуска

Ввод пароля (логин): некоторые параметры могут изменяться оператором, но их изменение предусматривает предварительный ввод пароля. После нажатия на кнопку, появится следующее диалоговое окно, рисунок 29.





PLCX_PAN_PASSWORD		
Password		
Operator		
Password	*****	
		
Actual operator	None	
Actual operator level	0	

Рисунок 29 – Диалоговое окно ввода пароля

Существует 5 уровней доступа, каждый с разной степенью действий и ответственности:

- разработчик: может вводить все данные, включая данные по машинам, имеет доступ к алгоритмам управления;
- инженер: может вводить все данные, включая данные по машинам;
- наладчик: может вводить все данные, включая данные по машинам;
- мастер: может вводить рабочие данные и данные настройки;
- оператор: может вводить рабочие данные.

Каждому уровню соответствует свой пароль. В ячейке ***** вводится пароль соответствующего уровня доступа, потом нужно выйти: если пароль правильный, диалоговое окно закроется, а оператор сможет ввести изменения.

В случае если система управления сенсорного типа (тачскрин), нужно нажать на экране панели звездочки или #, появится буквенно-цифровая клавиатура, на которой нужно ввести ключевое слово и нажать “ОК” для ввода текста в соответствующую ячейку.

Если пароль неверный, нажать отмену, и еще раз напечатать правильный пароль.

6 Функциональная безопасность

6.1 Определение уровня SIL

Большинство систем безопасности, которые, внедряются сегодня, служат, для контроля объектов с повышенной потенциальной опасностью. Их запуск происходит в аварийных случаях. Эти системы совершают ряд спасательных мер: сигнализируя об аварии на верхний уровень, блокируют подачу вредных веществ, запускают систему вентиляции, отключают оборудование.

Нужны определенного рода инструменты, для оценки надежности системы как, пользователю, так и производителю. Тоже факт затрагивает оценку рисков сбоя.

Основными инструментами таких систем выступают стандарты функциональной безопасности МЭК 61508 и МЭК 61511. В них прописываются методы оценки риска аварии и техногенных катастроф в современных системах, в том числе систем с программным управлением, и предлагается комплекс мер по снижению рисков.

Параметр SIL тесно связан с функциональной безопасностью. SIL (англ. Safety Integrity Level) в переводе с английского означает «уровень полноты безопасности» и представляет собой величину, отражающую способность системы обеспечивать функции безопасности, график рисков отображен на рисунке 30.

Стандарт МЭК 61508 определяет четыре уровня полноты безопасности: SIL 1, SIL 2, SIL 3 и SIL 4 [9].

Вероятный ущерб:

SIL1:

- 1) Наносимые потери: оборудование, продукция;
- 2) Разрешенное количество отказов: 1 опасный сбой на 10 лет.

SIL2:

- 1) Наносимые потери: травма рабочего;
- 2) Разрешенное количество отказов: 1 опасный сбой на 100 лет.

SIL3:

- 1) Наносимые потери: гибель рабочего;
- 2) Разрешенное количество отказов: 1 опасный сбой на 1000 лет.

SIL4:

- 1) Наносимые потери: техногенная авария;
- 2) Разрешенное количество отказов: 1 опасный сбой на 10000 лет.



Рисунок 30 – График рисков оценки безопасности

Исходя из исследований, есть вывод, что уровень безопасности SIL1 не подходит системе так, как обладает низкими требованиями безопасности. Уровень SIL4 напротив, обладает избыточными характеристиками, подходящий скорее к объектам с вполне возможной техногенной аварией, также являющийся ресурсоемким.

Если выбирать между уровнями SIL 2, SIL 3, то SIL 3 Уровень является высоко, надежным, но минус в том, что в системе появится большое количество, отказов, ошибок, приводя тем самым к остановке линии, а значит лишним потерям, что само собой является экономически невыгодным

фактором. Также к минусам можно отнести дороговизну внедрения данного уровня.

Если учесть тот факт, что система дозирования сырья на производстве каменной ваты не является взрывоопасной средой, а также автоматизируя производство, тем самым уменьшая риск человеческого фактора и его прямой контакт с опасным оборудованием, наиболее подходящим уровнем безопасности будет SIL 2. Соответственно выбираемое оборудование нижнего уровня, должно быть с большей наработкой на отказ. Установка уровня SIL2 не понесет огромных финансовых потерь с условием, правильного функционирования АС, поэтому выберем его.

7 Финансовый менеджмент, ресурсоэффективность и ресурсосбережение

7.1 Организация и планирование работ

Наглядным результатом планирования работ является линейный график реализации проекта. В число исполнителей работ при создании проекта входят непосредственно инженер (И), а также научный руководитель (НР). Распределение нагрузки работы исполнителей при создании каждого этапа проекта, приведены ниже в таблице 7

Таблица 7 - Перечень работ и продолжительность их выполнения

Этапы работы	Исполнители	Загрузка исполнителей
Постановка целей и задач, получение исходных данных	НР	НР – 100%
Составление и утверждение ТЗ	НР, И	НР – 100% И – 10%
Подбор и изучение материалов по тематике	НР, И	НР – 30% И – 100%
Разработка календарного плана	НР, И	НР – 100% И – 10%
Обсуждение литературы	НР, И	НР – 30% И – 100%
Выбор структурной схемы устройства	НР, И	НР – 100% ИП – 70%
Выбор функциональной схемы устройства	НР, И	НР – 100% И – 80%
Расчет функциональной схемы устройства	И	И – 100%
Выбор схемы внешних проводок	НР, И	НР – 100% И – 80%
Расчет схемы внешних проводок	И	И – 100%
Оформление расчетно-пояснительной записки	И	И – 100%
Оформление графического материала	И	И – 100%
Подведение итогов	НР, И	НР – 60% И – 100%

7.1.1 Продолжительность этапов работ

Расчет продолжительности этапов работ будем производить с помощью опытно-статического метода, который реализуется двумя способами:

- аналоговый;
- экспертный.

Аналоговый метод – не подходит, так как, требует не устаревшего аналога проекта.

Экспертный способ используется при отсутствии вышеуказанных информационных ресурсов и предполагает генерацию необходимых количественных оценок специалистами конкретной предметной области, опирающимися на их профессиональный опыт и эрудицию. Будем использовать этот метод. Для определения вероятных (ожидаемых) значений продолжительности работ $t_{ож}$ применяется следующая формула (24):

$$t_{ож} = \frac{3 \cdot t_{min} + 2 \cdot t_{max}}{5}, \quad (24)$$

где t_{min} – минимальная продолжительность работы, дн.;

t_{max} – максимальная продолжительность работы, дн.;

Для выполнения перечисленных в таблице 1 работ требуются специалисты:

- инженер – в его роли действует исполнитель НИР (ВКР);
- научный руководитель.

Для построения линейного графика необходимо рассчитать длительность этапов в рабочих днях, а затем перевести ее в календарные дни. Расчет продолжительности выполнения каждого этапа в рабочих днях ($T_{РД}$) ведется по формуле (25):

$$T_{РД} = \frac{t_{ож}}{K_{ВН}} \cdot K_{д}, \quad (25)$$

где $t_{ож}$ – продолжительность работы, дн.;

$K_{\text{вн}}$ – коэффициент выполнения работ, учитывающий влияние внешних факторов на соблюдение предварительно определенных длительностей, в частности, возможно $K_{\text{вн}} = 1$;

$K_{\text{д}}$ – коэффициент, учитывающий дополнительное время на компенсацию непредвиденных задержек и согласование работ ($K_{\text{д}} = 1\text{--}1,2$; в этих границах конкретное значение принимает сам исполнитель).

Расчет продолжительности этапа в календарных днях ведется по формуле (26):

$$T_{\text{кд}} = T_{\text{рд}} \cdot T_{\text{к}}, \quad (26)$$

где $T_{\text{кд}}$ – продолжительность выполнения этапа в календарных днях;

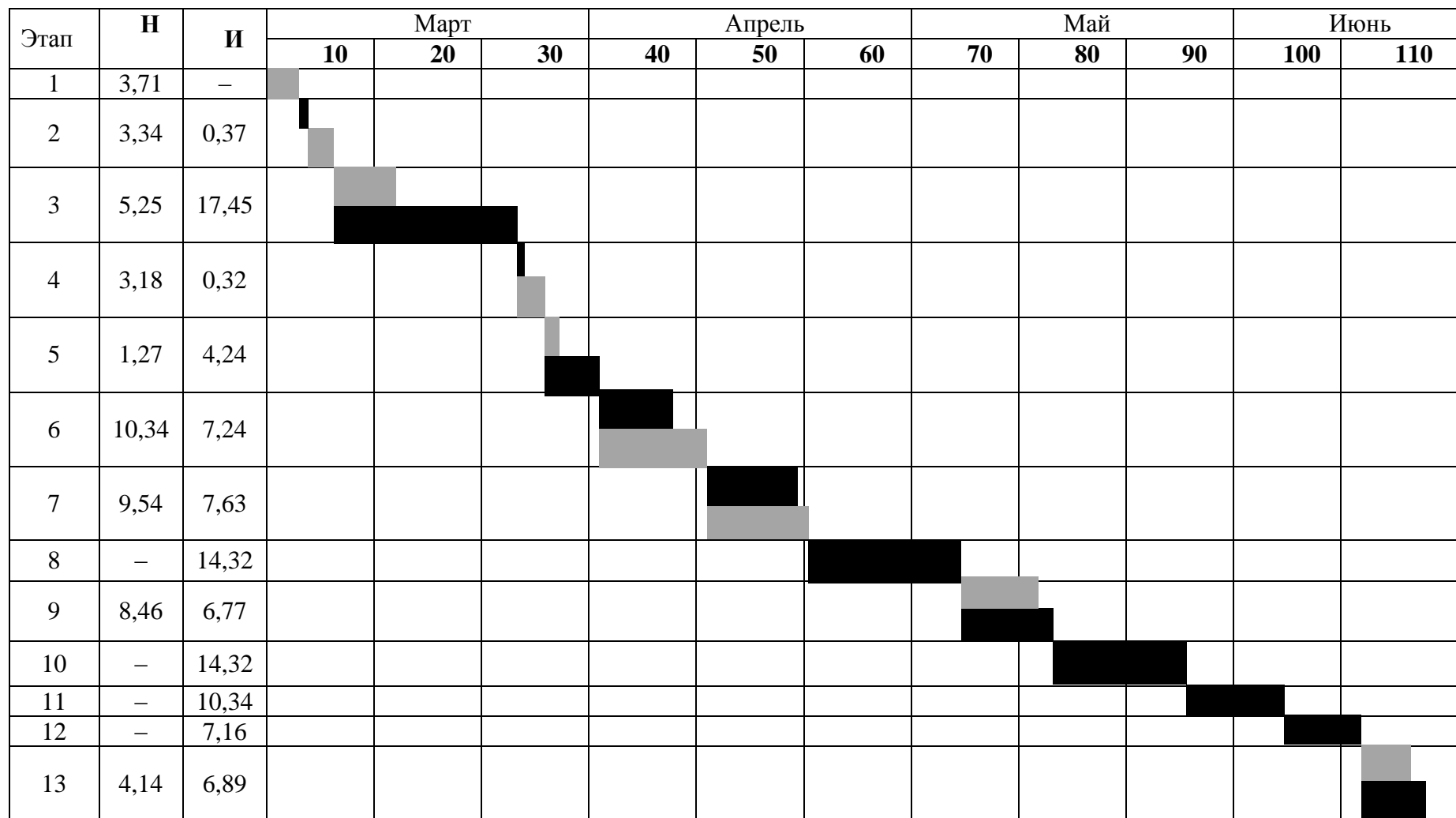
$T_{\text{к}}$ – коэффициент календарности, позволяющий перейти от длительности работ в рабочих днях к их аналогам в календарных днях, $T_{\text{к}} = 1,205$.

Определение продолжительности этапов работ и их трудоемкости по исполнителям, занятым на каждом этапе приведено в таблице 8.

Таблица 8 – Трудозатраты на выполнение проекта

Этап	Исполнители	Продолжительность работ, дни			Трудоемкость работ по исполнителям чел.-дн.			
					$T_{РД}$		$T_{КД}$	
		t_{min}	t_{max}	$t_{ож}$	НР	И	НР	И
1	2	3	4	5	6	7	8	9
Постановка задачи	НР	2	4	2,8	3,08	–	3,71	–
Разработка и утверждение технического задания (ТЗ)	НР, И	2	4	2,8	3,08	0,3	3,34	0,37
Подбор и изучение материалов по тематике	НР, И	12	15	13,2	4,36	14,52	5,25	17,45
Разработка календарного плана	НР, И	2	3	2,4	2,64	0,26	3,18	0,32
Обсуждение литературы	НР, И	2	5	3,2	1,06	3,52	1,27	4,24
Выбор структурной схемы устройства	НР, И	5	12	7,8	8,58	6	10,34	7,24
Выбор функциональной схемы устройства	НР, И	6	9	7,2	7,92	6,34	9,54	7,63
Расчет функциональной схемы устройства	И	8	15	10,8	–	11,88	–	14,32
Выбор схемы внешних проводок	НР, И	4	10	6,4	7,04	5,63	8,46	6,77
Расчет схемы внешних проводок	И	8	15	10,8	–	11,88	–	14,32
Оформление расчетно-пояснительной записки	И	7	9	7,8	–	8,58	–	10,34
Оформление графического материала	И	5	6	5,4	–	5,94	–	7,16
Подведение итогов	НР, И	4	7	5,2	3,43	5,72	4,14	6,89
Итого:				85,8	41,19	80,57	49,23	97,05

Таблица 9 – Линейный график работ



НР – ■ И – ■

7.2 Расчет сметы затрат на выполнение проекта

В состав затрат на создание автоматизированной системы дозирования сырья включается величина всех расходов, необходимых для реализации комплекса работ, составляющих содержание данной разработки. Расчет сметной стоимости ее выполнения производится по следующим статьям затрат:

- материалы и покупные изделия;
- заработная плата;
- социальный налог;
- расходы на электроэнергию (без освещения);
- амортизационные отчисления;
- командировочные расходы;
- оплата услуг связи;
- арендная плата за пользование имуществом;
- прочие услуги (сторонних организаций);
- прочие (накладные расходы) расходы.

7.2.1 Расчет затрат на материалы

Далее в таблице 10 приведена стоимость основного оборудования, а также других материальных ценностей расходуемых непосредственно на разработку системы дозирования сырья.

Таблица 10 – Расчет затрат на материалы

Наименование материалов	Цена за ед., руб.	Кол-во	Сумма, руб.
Бумага для принтера формата А4	220	1 шт.	220
Картридж для принтера	1410	1 шт.	1410
Лицензия ПО AutoCAD	5300	1 шт.	5300
Итого:			6930

Также рассчитываются транспортно-заготовительные расходы (ТЗР), связанные с транспортировкой от поставщика к потребителю, хранением и

прочими процессами, обеспечивающими движение (доставку) материальных ресурсов от поставщиков к потребителю. Сюда же включаются расходы на совершение сделки купли-продажи (т.н. транзакции). Приблизительно они оцениваются в процентах к отпускной цене закупаемых материалов, как правило, это $5 \div 20 \%$.

Допускаем, что $TЗР = 5\%$, от отпускной цены материалов, тогда расходы на материалы с учетом ТЗР равны $C_{\text{мат}} = 6930 * 1,05 = 7276,5$ руб.

7.2.2 Расчет заработной платы

Для расчета расходов на заработную плату, принимаются заработная плата научного руководителя и исполнителя, а также премии, входящие в фонд заработной платы.

Среднедневная тарифная заработная плата (при шести дневной рабочей неделе) ($ЗП_{\text{дн-т}}$) рассчитывается по формуле (27):

$$ЗП_{\text{дн-т}} = MO/25,083, \quad (27)$$

Для пятидневной рабочей недели в месяце в среднем 21,083 рабочих дня, поэтому среднедневная тарифная заработная плата для инженера рассчитывается по формуле (28):

$$ЗП_{\text{дн-т}} = MO/21,083, \quad (28)$$

Пример расчета затрат на полную заработную плату приведены в таблице 11. Затраты времени, по каждому исполнителю в рабочих днях с округлением до целого взяты из таблицы 8. Для учета в ее составе премий, дополнительной зарплаты и районной надбавки используется следующий ряд коэффициентов: $K_{\text{ПР}} = 1,1$; $K_{\text{доп.ЗП}} = 1,188$; $K_{\text{р}} = 1,3$. Таким образом, для перехода от тарифной (базовой) суммы заработка исполнителя, связанной с участием в проекте, к соответствующему полному заработку (зарплатной части сметы) необходимо первую умножить на интегральный коэффициент $K_{\text{и}} = 1,1 * 1,188 * 1,3 = 1,699$. Вышеуказанное значение $K_{\text{доп.ЗП}}$ применяется при

шестидневной рабочей неделе, при пятидневной оно равно 1,113, соответственно в этом случае $K_{и} = 1,62$.

Таблица 11 – Затраты на заработную плату

Исполнитель	Оклад, руб./мес.	Среднедневная ставка, руб./раб. день	Затраты времени, раб. дни	Коэффициент	Фонд з/платы, руб.
НР	29568	1178,8	41	1,699	82 114
И	9489	450,1	80	1,62	58 333
Итого:					140 447

7.2.3 Расчет затрат на социальный налог

Затраты на единый социальный налог (ЕСН), включающий в себя отчисления в пенсионный фонд, на социальное и медицинское страхование, составляют 30 % от полной заработной платы по проекту, т.е. $C_{соц.} = C_{зп} * 0,3$.
Итак, в нашем случае $C_{соц.} = 140\,447 * 0,3 = 42\,134,1$ рубля.

7.2.4 Расчет затрат на электроэнергию

Затраты на электроэнергию, потраченную в ходе выполнения проекта на работу используемого оборудования, рассчитываются по формуле (29):

$$C_{эл.об.} = P_{об} \cdot t_{об} \cdot Ц_{э}, \quad (29)$$

где $P_{об}$ – мощность, потребляемая оборудованием, кВт;

$Ц_{э}$ – тариф на 1 кВт·час;

$t_{об}$ – время работы оборудования, час.

Тариф на электроэнергию Томск, $Ц_{э} = 2,45$ руб./квт·час (с НДС).

Время работы оборудования вычисляется на основе итоговых данных таблицы 8 для инженера ($T_{рд}$) из расчета, что продолжительность рабочего дня равна 8 часов.

$$t_{об} = T_{рд} * K_{и}, \quad (30)$$

Мощность, потребляемая оборудованием, определяется по формуле (31):

$$P_{об} = P_{ном.} * K_{с}, \quad (31)$$

где $P_{\text{ном.}}$ – номинальная мощность оборудования, кВт;

$K_C \leq 1$ – коэффициент загрузки, зависящий от средней степени использования номинальной мощности. Для технологического оборудования малой мощности $K_C = 1$.

Пример расчета затраты на электроэнергию для технологических целей приведен в таблице 12

Таблица 12 – Затраты на электрическую энергию технологическую

Наименование оборудования	Время работы оборудования $t_{\text{об}}$, час	Потребляемая мощность $P_{\text{об}}$, кВт	Затраты $\Delta_{\text{об}}$, руб.
Персональный компьютер	642,6*0,6	0,4	377,9
Лазерный Принтер	2*0,3	0,3	0,44
Итого:			378,34

7.2.5 Расчет амортизационных расходов

Амортизация используемого оборудования за время выполнения проекта рассчитывается по формуле (32):

$$C_{\text{ам}} = \frac{N_A * C_{\text{об}} * t_{\text{рф}} * n}{F_d}, \quad (32)$$

где N_A – годовая норма амортизации единицы оборудования;

$C_{\text{об}}$ – балансовая стоимость единицы оборудования с учетом ТЗР. При невозможности получить соответствующие данные из бухгалтерии она может быть заменена действующей ценой, содержащейся в ценниках, прейскурантах и т.п.;

F_d – действительный годовой фонд времени работы соответствующего оборудования, берется из специальных справочников или фактического режима его использования в текущем календарном году.

$t_{\text{рф}}$ – фактическое время работы оборудования в ходе выполнения проекта, учитывается исполнителем проекта;

n – число задействованных однотипных единиц оборудования.

Рассчитаем амортизацию для ПК. Персональный компьютер относится ко второй амортизационной группе основных средств, срок полезного использования варьируется от 2 до 3 лет. Необходимо задать конкретное значение срока амортизации (СА), пусть это будет 2,7. Далее определяется N_A как величина обратная СА, в данном случае это $1 : 2,7 = 0,37$.

Рассчитаем F_d для ПК. В 2020 г. (302 рабочих дней при шестидневной рабочей неделе) можно принять $F_d = 302 * 8 = 2416$ часов;

Стоимость ПК 42000 руб.; время использования 600 часа, тогда для него $C_{AM} = (0,37 * 42000 * 642,6 * 1) / 2416 = 4\,133,8$ рубля

Рассчитаем амортизацию для принтера. $F_d = 500$ часов; стоимость принтера 9500 руб.; время пользования 40 часов.; $N_A = 1 : 2,5 = 0,4$ (срок полезного использования от 2 до 3 лет), тогда его $C_{AM} = (0,4 * 9500 * 2 * 1) / 500 = 15,2$ руб.

Итого начислено амортизации 4 149 рубля.

7.2.6 Расчет расходов, учитываемых непосредственно на основе платежных (расчетных) документов (кроме суточных)

Сюда относятся:

- командировочные расходы, в т.ч. расходы по оплате суточных, транспортные расходы, компенсация стоимости жилья;
- арендная плата за пользование имуществом;
- оплата услуг связи;
- услуги сторонних организаций.
- Норма оплаты суточных – 100 руб./день

Время пребывания в командировке составило – 44 календарных дня (с учетом дней приезда и отъезда); оплата проживания в общежитии – 50 руб./день*44 дня = 2200 руб; оплата проезда в обе стороны (автобус) – 600руб.; услуги связи – 600 руб.; консалтинговые услуги – 2000 руб.

Итого $C_{\text{нр}} = (44 - 1) \cdot 100 + 2200 + 600 + 600 + 2000 = 9\,700$ рублей.

7.2.7 Расчет прочих расходов

Прочие расходы отражают расходы на выполнение проекта, которые не учтены в предыдущих статьях, их следует принять равными 10% от суммы всех предыдущих расходов, показано в формуле ниже (33):

$$C_{\text{проч.}} = (C_{\text{мат}} + C_{\text{зп}} + C_{\text{соц}} + C_{\text{эл.об.}} + C_{\text{ам}} + C_{\text{нр}}) \cdot 0,1, \quad (33)$$

Таким образом:

$C_{\text{проч.}} = (6\,930 + 131\,141,7 + 39\,342,5 + 361,6 + 4\,163,27 + 9\,700) \cdot 0,1 = 20\,373,9$ рублей.

7.2.8 Расчет общей себестоимости разработки

Проведя расчет по всем статьям сметы затрат на разработку, можно определить общую себестоимость проекта. Смета на затраты приведены ниже в таблице 13.

Таблица 13 – Смета затрат на разработку проекта

Статья затрат	Условное обозначение	Сумма, руб.
Материалы и покупные изделия	$C_{\text{мат}}$	6 930
Основная заработная плата	$C_{\text{зп}}$	140 447
Отчисления в социальные фонды	$C_{\text{соц}}$	42 134,1
Расходы на электроэнергию	$C_{\text{эл.}}$	378,34
Амортизационные отчисления	$C_{\text{ам}}$	4 149
Непосредственно учитываемые расходы	$C_{\text{нр}}$	9 700
Прочие расходы	$C_{\text{проч}}$	20 373,9
Итого:		224 112,34

Таким образом, затраты на разработку составили $C = 224\,112,34$ рублей.

7.2.9 Расчет прибыли

Прибыль от реализации проекта в зависимости от конкретной ситуации (может определяться различными способами. Без применения сложных методов расчета, прибыль следует принять в размере 5 ÷ 20 % от полной себестоимости проекта. В данном случае она составляет 44 822,5 рубля, (20 %) от расходов на разработку проекта.

7.2.10 Расчет НДС

НДС составляет 20% от суммы затрат на разработку и прибыли. В нашем случае это $(224\,112,34 + 44\,822,5) * 0,2 = 268\,935 * 0,2 = 53\,787$ руб.

7.2.11 Цена разработки НИР

Цена равна сумме полной себестоимости, прибыли и НДС, в нашем случае $C_{\text{НИР(КР)}} = 224\,112,34 + 44\,822,5 + 53\,787 = 322\,721,84$ рубля.

7.3 Оценка экономической эффективности проекта

Эффективность проекта обусловлена в первую очередь, заменой устаревшего оборудования, на более высокотехнологичное, что, несомненно, должно привести к более длительной работе оборудования, а соответственно экономии в затратах на его ремонт, отказоустойчивости, а также приросту точности дозирования сыпучих материалов. Данные улучшения должны привести к снижению затрат на сырье, а соответственно и к быстрой окупаемости проекта. Нельзя дать конкретную количественную оценку экономического эффекта, так, как отсутствуют точные данные об объекте управления и условиях его эксплуатации.

8 Социальная ответственность

За последние десятилетия, ввиду дальнейшего развития автоматизации технологических процессов на предприятиях перерабатывающей промышленности, совершенствования производственных процессов, роста покупательского спроса и требований к выходным характеристикам продукта, дозирующие устройства не только нашли широчайшее применение, но и стали одними из основных машин в технологических линиях производстве широкого спектра продукции.

Разрабатываемая автоматизированная система дозирования сырья предназначена для подготовки входящего сырья для производства каменной ваты.

Потенциальными пользователями разрабатываемой автоматизированной системы дозирования являются предприятия:

- горно-металлургической промышленности;
- химической промышленности;

Целью данного раздела является анализ вредных и опасных производственных факторов представляющих угрозу здоровью и жизни, рабочих зоны дозирования сыпучих материалов на суточных силосах производства каменной ваты. Также рассматриваются требования к технике безопасности и охране труда при проведении работ, требования экологической безопасности.

8.1 Правовые и организационные вопросы обеспечения безопасности

Рабочая зона представляет собой производственную площадку (зона повышенной опасности), а также операторскую. Согласно трудовому законодательству к работе допускаются лица не моложе 18 лет, прошедшие медицинское освидетельствование, теоретическую и практическую подготовку,

проверку знаний в квалификационной комиссии с присвоением группы по электробезопасности не ниже III и получившие удостоверение на допуск к самостоятельной работе.

Так, как работа осуществляется на непрерывном производстве, где длительность производственного процесса превышает допустимую продолжительность ежедневной работы, в соответствии со [статьей 103 ТК РФ] [10]. При сменной работе каждая группа работников должна производить работу в течение установленной продолжительности рабочего времени в соответствии с графиком сменности, который составляет работодатель, учитывая мнение представительного органа работников в порядке, установленном [статьей 372 настоящего Кодекса для принятия локальных нормативных актов] [12].

На производстве с опасными и вредными производственными факторами, где при выполнении отдельных видов работ не может быть соблюдена установленная для данной категории работников ежедневная или еженедельная продолжительность рабочего времени, допускается введение суммированного учета рабочего времени. Учетный период не может превышать для работников с вредными или опасными производственными факторами – 3 месяца.

В течение рабочего дня (смены) работнику должен быть предоставлен перерыв для отдыха и питания продолжительностью не более двух часов и не менее 30 минут, который в рабочее время не включается. Время предоставления перерыва и его конкретная продолжительность устанавливаются правилами внутреннего трудового распорядка или по соглашению между работником и работодателем [статья 105 ТК РФ «Разделение рабочего дня на части»] [11].

Для работников, занятых на работах с вредными и (или) опасными условиями труда, предусмотрена повышенная оплата труда. Минимальный размер повышения составляет 4% тарифной ставки (оклада), установленной для различных видов работ с нормальными условиями труда. Конкретные размеры

повышения оплаты труда устанавливаются работодателем с учетом мнения представительного органа работников в порядке, установленном [ст. 372 ТК РФ для принятия локальных нормативных актов] [13].

Для рабочих предусмотрено обязательное социальное страхование, осуществляется в соответствии с [Федеральным законом от 24.07.1998 г. № 125-ФЗ «Об обязательном социальном страховании от несчастных случаев на производстве и профессиональных заболеваний»]. Федеральный закон предусматривает возмещение вреда, причиненного жизни и здоровью застрахованного, при исполнении им обязанностей по трудовому договору и в иных установленных настоящим Федеральным законом случаях, путем предоставления застрахованному лицу в полном объеме всех необходимых видов обеспечения по страхованию, в том числе оплату расходов на медицинскую, социальную и профессиональную реабилитацию [13].

Работодатель обязан обеспечить работников, занятых на работах с вредными и (или) опасными условиями труда, а также на работах, выполняемых в особых температурных условиях или связанных с загрязнением, средствами индивидуальной защиты, прошедшими в установленном порядке сертификацию, в соответствии с требованиями [ТК РФ Статья 212]. Приобретение и выдачу средств специальной одежды, специальной обуви и других средств индивидуальной защиты, смывающих и обезвреживающих средств, прошедших обязательную сертификацию или декларирование соответствия, работодатель обязан производить за счет собственных средств в соответствии с законодательством Российской Федерации [14].

8.2 Производственная безопасность

В данном пункте анализируются опасные и вредные факторы, которые могут возникать на производстве. Далее в таблице 4.1, указан перечень опасных и вредных факторов, характерных для проектируемой производственной среды

Таблица 14 – Возможные опасные и вредные факторы

Факторы (ГОСТ 12.0.003-2015)	Этапы работ		Нормативные документы
	Операторская	Производственная площадка	
1.Отклонение показателей микроклимата	+	+	– ГОСТ 12.1.003-2014 ССБТ. Шум [15]. Общие требования безопасности. Шум на рабочих местах СН 2.2.4/2.1.8.562-96 [21]
2. Превышение уровня шума		+	– СП 52.13330.2016 Естественное и искусственное освещение [16].
3.Отсутствие или недостаток естественного света	+	+	– ГОСТ 12.1.038-82 ССБТ [17]. Электробезопасность.
4.Недостаточная освещенность рабочей зоны		+	Предельно допустимые уровни напряжений прикосновения и токов.
5. Повышенное значение напряжения в электрической цепи	+	+	– ГОСТ 12.1.005-88 ССБТ. Общие санитарно-гигиенические требования к воздуху рабочей зоны [18].
6. Повышенная запыленность, рабочей зоны		+	– ПРИКАЗ от 09.12.2009г. №970н [19] Утверждение типовых норм бесплатной выдачи специальной одежды.
7. Информационная нагрузка	+		– ГОСТ Р 50923-96. Дисплей. Рабочее место оператора [20].

8.2.1 Анализ опасных и вредных производственных факторов

Инженерный состав, выполняющий работы на суточных силосах системы дозирования сырья подвержен воздействию следующих производственных факторов:

1. Отклонение показателей микроклимата. Климат характеризуется как резко континентальный. Температура зимой от минус 45 °С, летом до 40 °с. Слишком низкая температура может привести к обморожению, высокая к тепловому удару.

В качестве средств индивидуальной защиты от жаркой и холодной температуры, рабочий персонал обеспечивается необходимой специальной одеждой.

2. Превышение уровня шума. Зона суточных силосов является источником повышенной зашумленности, чему способствует периодический грохот проходящего по линии камня. Повышенный уровень шума приводит не только к нарушениям слуха, но и может быть фактором стресса и повышения кровяного давления.

Допустимой нормой является шум производительностью не более 80 децибел, согласно [СН 2.2.4/2.1.8.562-96] [15].

Средствами индивидуальной защиты являются: шумоподавляющие наушники, беруши.

3. Повышенная запыленность, воздуха рабочей зоны. Технологический процесс представляет собой пылеобразующее производство. Пыль оказывает на организм человека преимущественно фиброгенное действие, вызывая раздражение слизистых оболочек дыхательных путей и оседая в легких.

Средства индивидуальной защиты от повышенной запыленности: противопылевые, полнолицевые маски, одноразовые респираторы.

4. Поражение электрическим током. Источником поражения током на суточных силосах системы дозирования, являются токопроводящие части рабочего оборудования. Поражение током сопровождается нарушением функций каких-либо частей тела, при большом значении, ожогах тела.

Средства индивидуальной защиты: диэлектрическая специальная одежда, перчатки, диэлектрическая обувь.

8.2.2 Обоснование мероприятий по снижению уровней воздействия опасных и вредных факторов на исследователя (работающего)

1. Отклонение показателей микроклимата. Инженеры КИПиА производящие работы на суточных силосах системы дозирования сырья подвержены как, нагревающему, так и охлаждающему микроклимату. Для

предупреждения вреда здоровью работников соблюдаются следующие мероприятия:

- работа в условиях охлаждающего микроклимата может, производится только при применении теплоизоляционных комплектов специальной одежды, соответствующих [22];

- организация специальных помещений с динамическими параметрами микроклимата (комнаты для охлаждения и обогрева).

2. Превышение уровня шума. Производственный шум происходит от механического оборудования. Разработка технологических процессов, проектирование, изготовление и эксплуатация машин, производственных зданий и сооружений, производится в соответствии с [23]. Для предупреждения вреда здоровью разрабатываются следующие мероприятия:

- обозначение зон с уровнем звука свыше 85 децибел знаками безопасности;

- применение автоматизированного управления шумными машинами, звукоизолирующих кожухов, полужоухов и строительных материалов.

3. Повышенная запыленность, воздуха рабочей зоны. При работе системы суточных силосов от постоянного перемещения сырья горных пород, появляется большая запыленность. Предельно допустимые уровни и концентрации (ПДУ и ПДК) регламентируются «СН 245—71, проектирование промышленных предприятий» [24]. Меры по предотвращению вреда:

- снижение запыленности воздуха рабочей зоны достигается герметизацией формовочного и смесеприготовительного оборудования;

- установка коллективной защиты (приточно-вытяжные вентиляции);

- применение средств индивидуальной защиты (респираторы, противопылевые маски, специальная одежда).

4. Поражение электрическим током. При эксплуатации средств автоматизации работники подвержены воздействию электрического тока. Нормы на допустимые токи и напряжения прикосновения в электроустановках должны устанавливаться в соответствии с предельно допустимыми уровнями

воздействия на человека токов и напряжений прикосновения и утверждаться в установленном порядке в соответствии с ГОСТ 12.1.038-82 ССБТ [17]. Для защиты работников от поражения электрическим током проводятся следующие мероприятия:

- для обеспечения защиты от прямого прикосновения необходимо применять следующие технические способы и средства (основная изоляция, защитные оболочки, защитные ограждения, защитные барьеры, безопасное расположение токоведущих частей);
- электрозащитные средства и другие средства индивидуальной защиты индивидуальной защиты;
- предупредительная световая, звуковая сигнализации, блокировки безопасности, знаки безопасности;
- заземление, согласно ГОСТ 12.1.030-81 [26].

8.3 Экологическая безопасность

Организация защиты окружающей среды является одним из приоритетных направлений, поэтому при разработке автоматизированной системы, необходимо выявить предполагаемые источники загрязнения атмосферы, гидросферы, литосферы, селитебной зоны, а также разработать предложения по их устранению.

1. Загрязнение атмосферы. Планируемый технологический процесс предлагает в своем производстве использование печей (вагранок), которые будут оказывать негативное воздействие на атмосферу в виде выбросов вредных веществ.

Мероприятия по защите в соответствии с ГОСТ 17.2.3.02-78 [27]:

- Расположение объекта разработки в непосредственной близости от селитебной зоны, не менее 1 километра;
- точное соблюдение технологического регламента производства;

- контроль исправности контрольно-измерительных приборов и герметичности газоходных систем и агрегатов;

- обеспечение бесперебойной работы всех пылеочистных систем.

2. Загрязнение литосферы. Отходы горных пород получаемых в результате производства, которые загрязняют почву.

Мероприятия по защите в соответствии с ГОСТ 17.4.3.04-85 [28]:

- определение специального места хранения отходов;

- производственный процесс предполагает использование отходов для производства одного из компонентов сырья – шлака (безотходное производство).

3. Загрязнение гидросферы. Загрязнение водной зоны путем возможного попадания в нее сырья.

Мероприятия по защите гидросферы в соответствии с ГОСТ 17.1.3.06-82 [29]:

- закачка сточных вод в глубокие водоносные горизонты;

- исключение размещения объекта разработки вблизи водной зоны.

8.4 Безопасность при чрезвычайных ситуациях

При разработке, эксплуатации системы дозирования, возможны следующие чрезвычайные ситуации:

1. Техногенного характера: пожары, выбросы вредных веществ в атмосферу.

2. Природного характера: различные природные явления (ураган, сильные морозы, высокие и низкие температуры воздуха). Наиболее вероятным видом чрезвычайных ситуаций является возникновение пожара, поэтому рассмотрим, меры по предупреждению пожаров ГОСТ 12.1.004-85 [28]:

- сооружение противопожарных преград (противопожарных стен, перекрытий, дверей);

- для защиты объектов от прямых ударов молнии устраивают молниеотводы;
 - курение только в строго отведенных местах (размещение специальных знаков);
 - оснащение производственного участка средствами пожаротушения;
- Мероприятия по устранению, а также как вести персоналу в подобных ситуациях в соответствии с ГОСТ 12.1.004-91 ССБТ [31]:
- остановить производственный процесс, сообщить о случившемся непосредственному руководителю и следовать его указаниям.
 - вызвать пожарную охрану по указанию руководства. Если таких указаний нет, а угроза существует, вызвать пожарных самостоятельно.
 - принять все возможные по ситуации действия по эвакуации сотрудников.
 - приступить к тушению с применением огнетушителей и других средств.
 - при общем сигнале опасности немедленно покинуть здание.

8.5 Выводы по разделу

В данном разделе был проведен анализ разрабатываемой системы на предмет ее безопасности. Были созданы мероприятия по предостережению и защите от возможных вредных и опасных производственных факторов. Ознакомились с мерами защиты окружающей среды. Также были проанализированы возможные чрезвычайные ситуации, разработаны правила по их предупреждению и предотвращению в случае возникновения.

Заключение

При разработке автоматизированной системы дозирования сырья на суточных силосах производства каменной ваты, проведен анализ существующих систем дозирования сыпучих материалов, определены недостатки систем. В связи с проведенным анализом выбор был принят в пользу дозаторов вибрационного типа действия, основными преимуществами которого являются: высокая пропускная способность, простота конструкции, высокая отказоустойчивость.

Были выполнены задачи, поставленные при разработке автоматизированной системы дозирования сырья, основные из которых – добиться максимального технико–экономического эффекта при производстве готовой продукции, повышение качества и производительности изготавливаемой продукции.

В ходе выполнения работы, был подробно изучен технологический процесс, в соответствии с чем, разработаны функциональная и структурная схемы автоматизации. Также в ходе выполнения работы разработан алгоритм регулирования системы с помощью частотного преобразователя, полученные данные полностью удовлетворяют характеристикам используемого оборудования.

Произведен подбор современных средств автоматизации, для трехуровневой системы, с целью повышения точности дозирования, среди которых: датчики полевого уровня, программируемый логический контроллер. Создана мнемосхема, процесса дозирования сырья. В качестве вывода системы на основное АРМ оператора, был выбран SCADA–пакет SIEMENS SIMATIC Win CC.

Итогом проделанной работы является, повышение точности дозирования компонентов вагранки, возможность визуального контроля над параметрами систему при помощи ПК и дистанционного управления, повышение технико–экономических показателей производства.

Список использованных источников

1. Громаков Е. И., Проектирование автоматизированных систем: учебно-методическое пособие. – Томск: Томский политехнический университет, 2019. – 173 стр.
2. В. А. Втюрин «Основы АСУТП, учебное пособие для студентов» - Санкт - Петербургская ГЛА, 2015 – 62 стр.
3. Лейбович Р. Е. и др., Технология коксохимических производств. М., «Металлургия», 2014 – 256 стр.
4. ГОСТ 8.631-2013 (OIML R 60:2000) Государственная система обеспечения единства измерений. Датчики весоизмерительные. Общие технические требования. Методы испытаний (Metrological regulation for load cells). – М.: Стандартинформ, 2015 – 408 стр.
5. Теория АСУ. [Электронный ресурс] – Режим доступа:
https://ru.wikipedia.org/wiki/Автоматизированная_система_управления
6. И. И. Быховский «Основы теории вибрационной техники» - М: Машиностроения, 2017. – 358 стр.
7. ПЛК SIMATIC S7–300. [Электронный ресурс] – Режим доступа:
<https://www.prosoft.ru/cms/f/464642.pdf>
8. Ультразвуковой датчик уровня. [Электронный ресурс] – Режим доступа:
<https://www.ru.endress.com/ru/Tailor-made-field-instrumentation/uroven/Soliwave-FQR56>
9. Функциональная безопасность SIL. [Электронный ресурс] – Режим доступа:
http://www1.auma.com/uploads/media/sp_import2/prospekte/in_sil_ru.pdf
10. Статья 103 Трудового Кодекса Российской федерации – «Сменная работа»

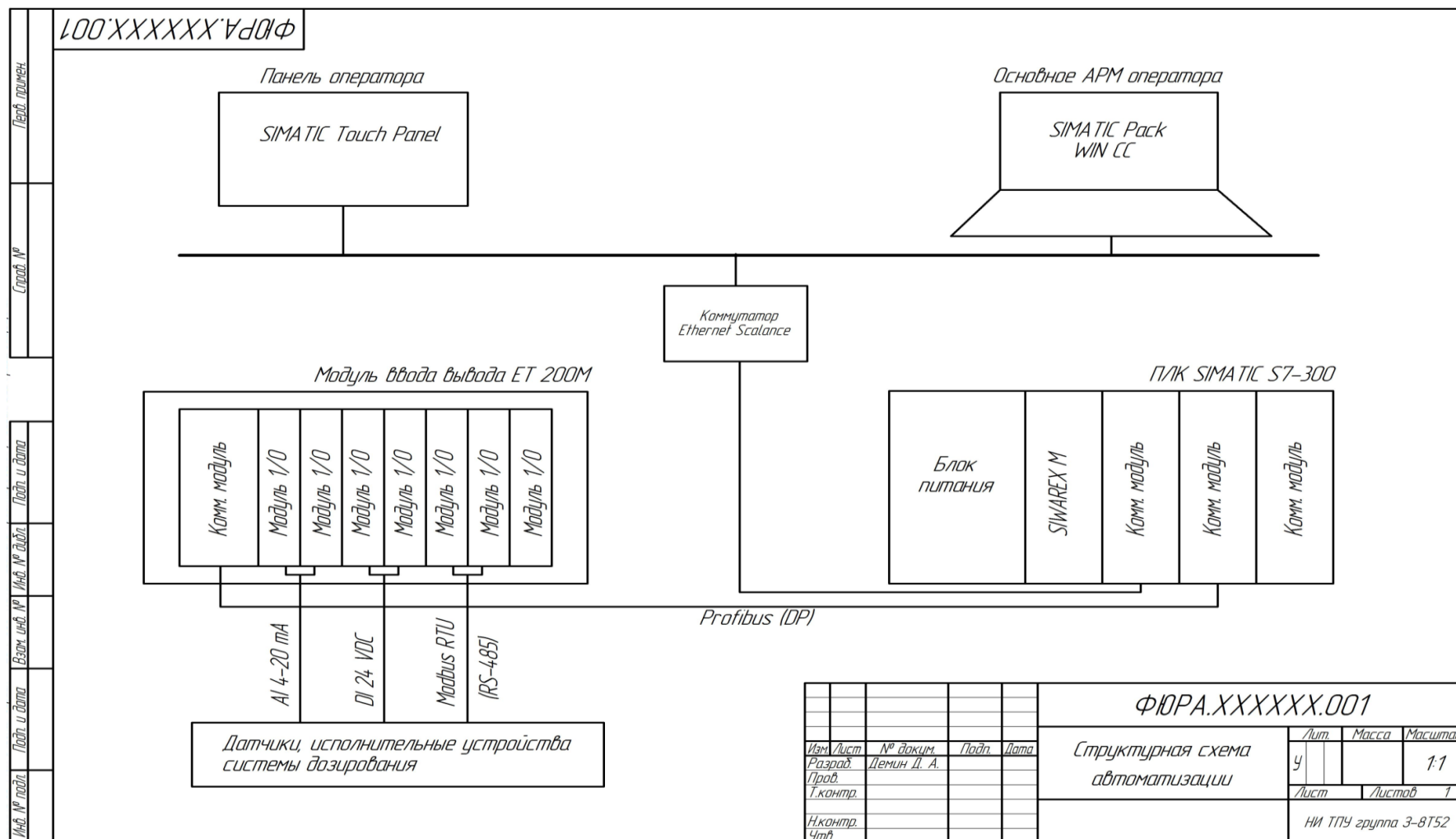
11. Статья 105 Трудового Кодекса Российской Федерации – «Разделение рабочего дня на части»
12. Трудовой Кодекс Российской Федерации, Статья 372 – «Порядок учета мнения выборного органа первичной профсоюзной организации при принятии локальных нормативных актов»
13. Федеральный закон от 24.07.1998 г. № 125-ФЗ – «Об обязательном социальном страховании от несчастных случаев на производстве и профессиональных заболеваний»
14. ТК РФ Статья 212 – «Обязанности работодателя по обеспечению безопасных условий и охраны труда»
15. ГОСТ 12.1.003-2014 ССБТ – «Шум. Общие требования безопасности. Шум на рабочих местах СН 2.2.4/2.1.8.562-96»
16. СП 52.13330.2016 – «Естественное и искусственное освещение»
17. ГОСТ 12.1.038-82 ССБТ – «Электробезопасность. Предельно допустимые уровни напряжений прикосновения и токов»
18. ГОСТ 12.1.005-88 ССБТ – «Общие санитарно-гигиенические требования к воздуху рабочей зоны»
19. ПРИКАЗ от 09.12.2009г. №970н – «Утверждение типовых норм бесплатной выдачи специальной одежды»
20. ГОСТ Р 50923-96 – «Дисплеи. Рабочее место оператора»
21. СН 2.2.4/2.1.8.562-96 – «Шум на рабочих местах»
22. ГОСТ 29335-92 – «Костюмы мужские для защиты от пониженных температур»
23. ГОСТ 12.1.003-2014 – «Система безопасности труда. Общие требования безопасности (переиздание)»
24. СН 245—71 – «Санитарные нормы проектирования промышленных предприятий»

25. ГОСТ 12.1.038-82 – «Система стандартов безопасности труда (ССБТ). Электробезопасность. Предельно допустимые значения напряжений прикосновения и токов (с Изменением N 1)»
26. ГОСТ 12.1.030-81 – «Система стандартов безопасности труда. Электробезопасность. Защитное заземление, зануление»
27. ГОСТ 17.2.3.02-78 – «Охрана природы (ССОП). Атмосфера. Правила установления допустимых выбросов вредных веществ, промышленными предприятиями»
28. ГОСТ 17.4.3.04-85 – «Охрана природы (ССОП). Почвы. Общие требования к контролю и охране от загрязнения»
29. ГОСТ 17.1.3.06-82 – «Охрана природы (ССОП). Гидросфера. Общие требования к охране подземных вод»
30. ГОСТ 12.1.004-85 – «Система стандартов безопасности труда. Пожарная безопасность. Общие требования»
31. ГОСТ 12.1.004-91 – «Система стандартов безопасности труда (ССБТ). Пожарная безопасность. Общие требования (с Изменением N 1)»
32. ГОСТ ИЕС 61131-2-2012 – «Контроллеры программируемые. Часть 2. Требования к оборудованию и испытаниям»

ПРИЛОЖЕНИЕ А

(обязательное)

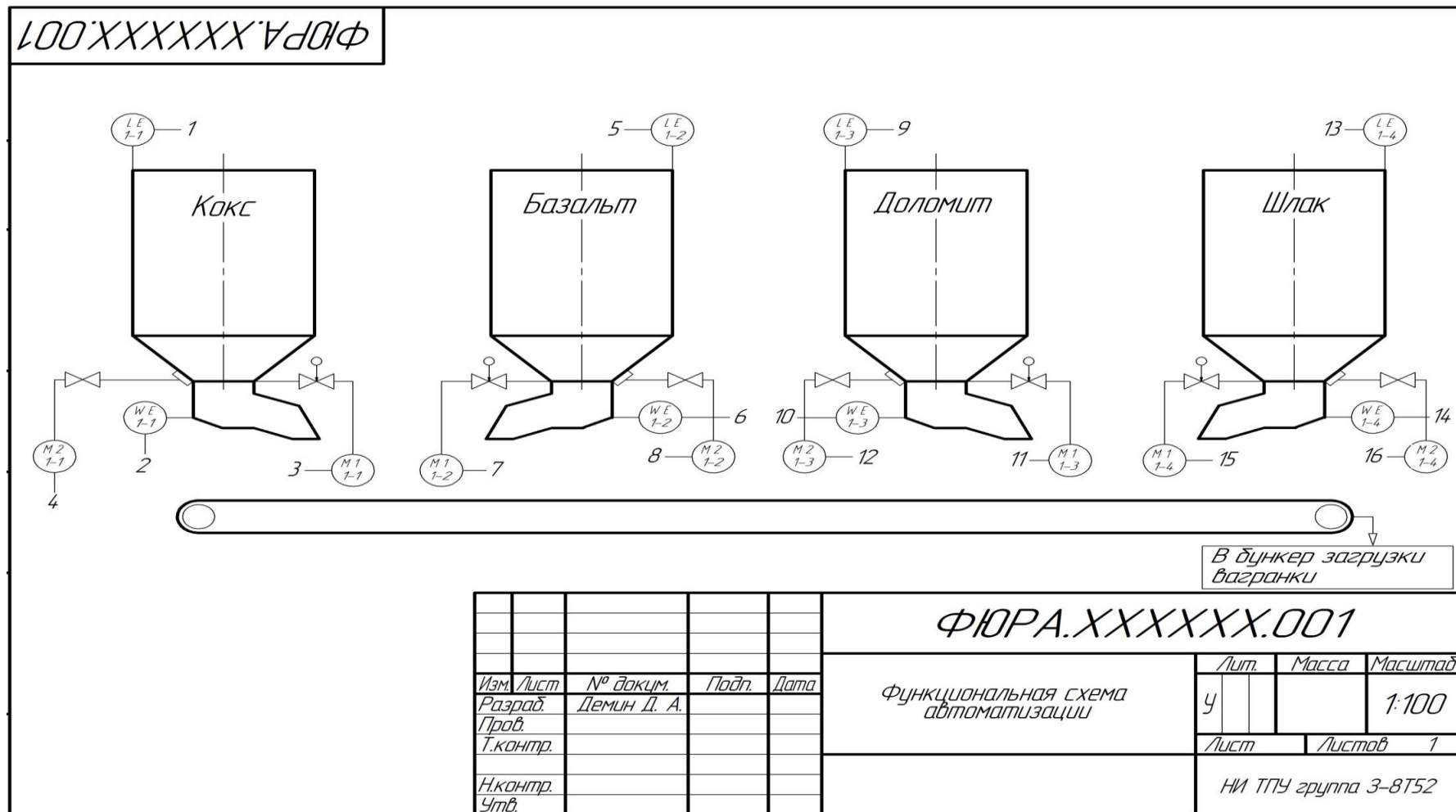
Структурная схема автоматизации



ПРИЛОЖЕНИЕ Б

(обязательное)

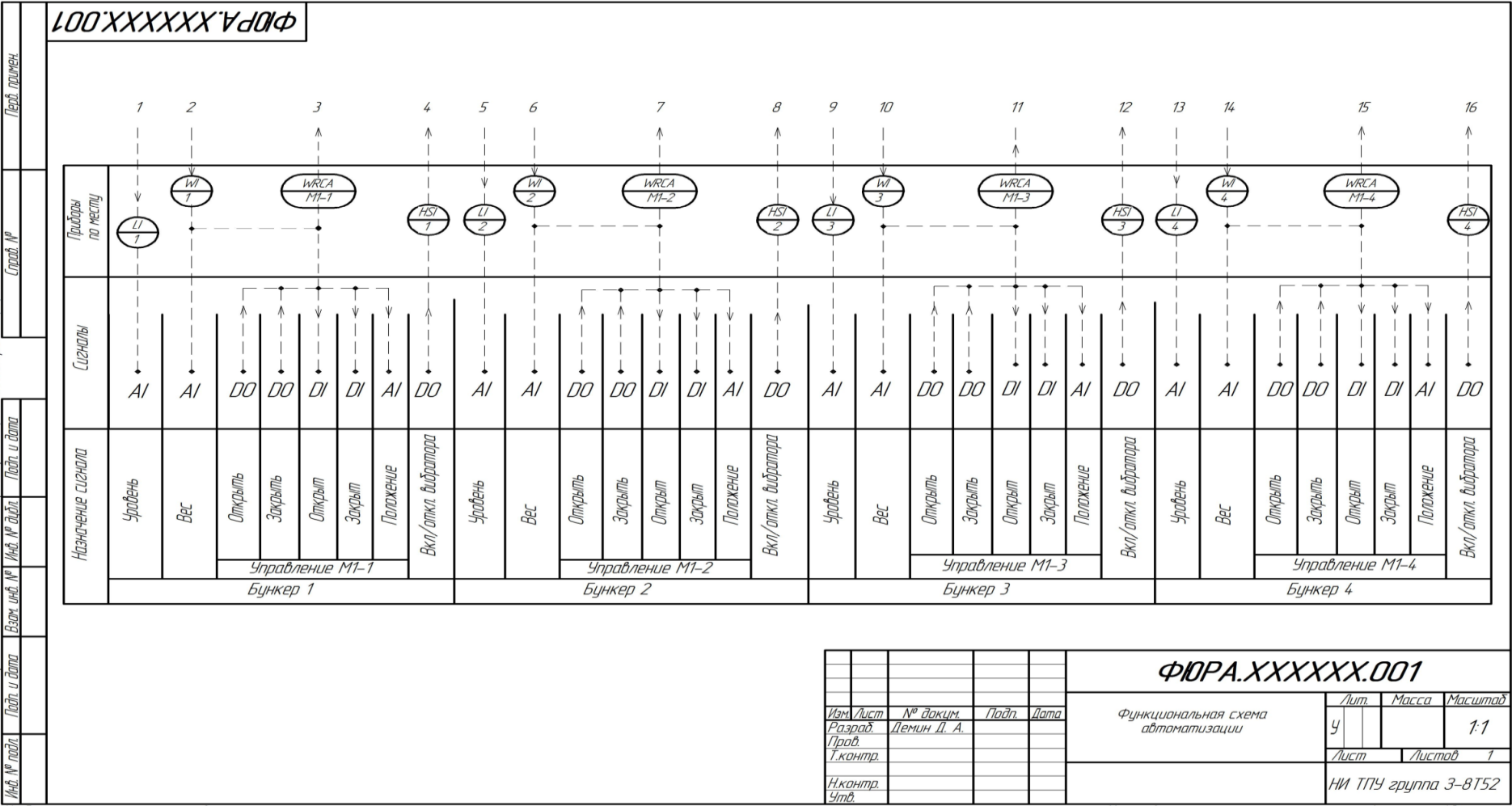
Функциональная схема автоматизации



ПРИЛОЖЕНИЕ В

(обязательное)

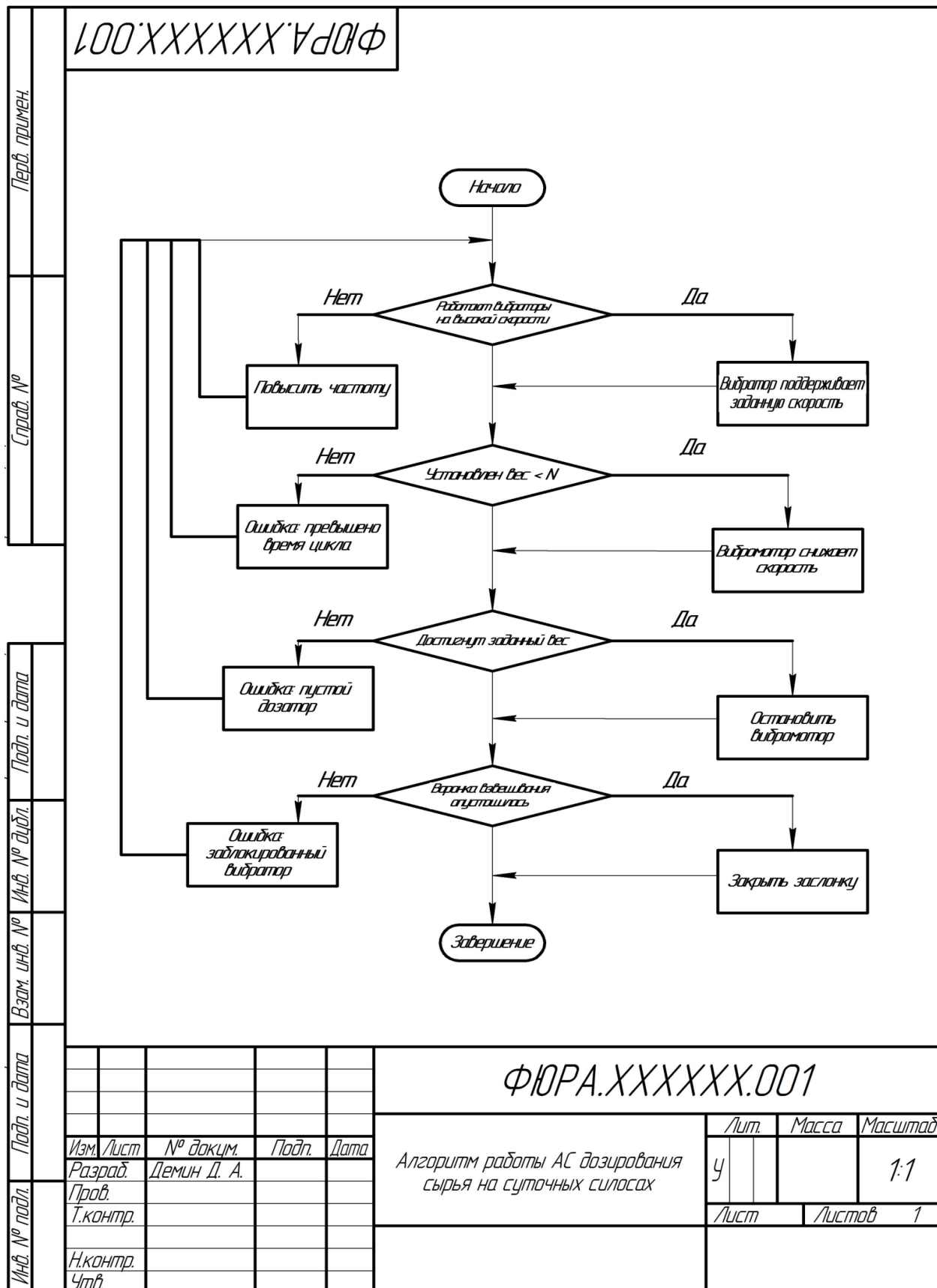
Функциональная схема автоматизации



ПРИЛОЖЕНИЕ Г

(обязательное)

Блок схема алгоритма работы АС



ПРИЛОЖЕНИЕ Д

(обязательное)

Код программы дозирования сырья (силос 1)

The screenshot displays the SIMATIC Manager LAD editor for a Siemens PLC. The title bar indicates the project path: LAD/STL/FBD - [FB1195 -- "M19500#FB" -- 07P137wom\SIMATIC 300(1)\CPU 319-3 PN/DP\...\FB1195]. The menu bar includes File, Edit, Insert, PLC, Debug, View, Options, Window, and Help. The toolbar contains various icons for editing and navigation. On the left, a project tree shows the structure: New network, FB blocks, FC blocks, SFB blocks, SFC blocks, Multiple instances, and Libraries. The main editor area is titled 'Contents Of: 'Environment\Interface'' and shows a variable declaration table and five ladder logic networks.

	Name
IN	IN
OUT	OUT
IN_OUT	IN_OUT
STAT	STAT

Network 19: MODE: MANUAL LOCAL

AN	"M19500".AUTOMATIC.SELECTED	DB1195.DBX32.0	-- AUTOMATIC MODE SELECTED
AN	"M19500".STATUS.REMOTE	DB1195.DBX16.1	-- REMOTE(1)/LOCAL(0)
=	"M19500".MANUAL.LOCAL_SELECTED	DB1195.DBX28.0	-- LOCAL MANUAL MODE SELECTED

Network 20: * AUTOMATIC CONTROL: AUTOMATIC ON**

A	"SECTION_11#RUNNING"	M80.3	-- RAW MATERIALS: SECTION RUNNING
A(
O	"SECTION_11#PLS_RUNNING"	M80.4	-- RAW MATERIALS: START BUTTON PULSE EVERY NEW START
O	"M19500".AUTOMATIC.ON	DB1195.DBX32.1	-- AUTOMATIC ON
)			
A	"M19500".AUTOMATIC.SELECTED	DB1195.DBX32.0	-- AUTOMATIC MODE SELECTED
A	"M19500".STATUS.HEALTHY	DB1195.DBX19.6	-- HEALTHY
=	"M19500".AUTOMATIC.ON	DB1195.DBX32.1	-- AUTOMATIC ON

Network 21: AUTOMATIC CONTROL: FWD SEQUENCER

Network 22: AUTOMATIC CONTROL: FWD INTERLOCKING

A(
A	"B21500#CY_LD_STEP_2"	M2622.1	-- WEIGH SYSTEM FAST LOADING - WEIGHING CYCLE
O			
A	"B21500#CY_LD_STEP_4"	M2622.3	-- WEIGH SYSTEM PULSE LOADING - WEIGHING CYCLE
)			
A	"COKE".DBX3_0	DB2055.DBX3.0	-- WEIGHING PRODUCT SELECTION
AN	"B21500".SQ_FULL	DB2005.DBX2.7	-- BALANCE FULL SIGNAL
AN	"M21600".FI.FWD_CMD	DB1216.DBX36.0	-- START/FORWARD/UP/OPEN/RIGHT COMMAND
A	"M19500".AUTOMATIC.ON	DB1195.DBX32.1	-- AUTOMATIC ON
=	"M19500".AUTOMATIC.FWD_REQ	DB1195.DBX32.4	-- START/FORWARD/UP/OPEN/RIGHT REQUEST

Network 23: * MANUAL CONTROL: REMOTE FWD START**

A	"M19500".HMI_P.FWD	DB1195.DBX8.0	-- START/FORWARD/UP/OPEN/RIGH
S	"M19500".MANUAL.REMOTE_FWD_REQ	DB1195.DBX30.4	-- START/FORWARD/UP/OPEN/RIGHT REQUEST

The bottom status bar shows the current network is 1: Error, 2: Info, 3: Cross-references, 4: Address info, 5: Modify, 6: Diagnostics, 7: Comparison. The system is offline, and the absolute value is less than 5.2. The language is set to RU, and the date is 02.06.2020.